

燃料電池電気自動車の開発と特許

(株) 本田技術研究所 守谷 隆史

抄録

本稿では、Hondaにおける燃料電池電気自動車 (FCEV) 開発の歴史と現状について解説する。背景としての社会認識を前提とした時、水素と FCEV は将来の持続可能な社会において重要であり、長年に渡って開発を行ってきた。本稿では、燃料電池開発の歴史、特長、構造を概説すると共に、これまでの技術開発のポイントや将来に向けて継続的な技術開発の方向性を示している。特に、特許取得という観点から見た場合に、どの様な考え方で開発とリンクしているかを概説している。

はじめに

現在、自動車会社の直面する課題として、1970年代より顕在化した、マスキー法に代表される排出ガスのクリーン化に続き、2000年頃より国際気候変動パネル (IPCC : International Panel of Climate Change) によって指摘されて来た地球温暖化対応としてCO₂排出量の削減、最終的に化石燃料の可採資源量によって影響を受ける燃料の高騰に対応する代替燃料への移行が挙げられる。燃料電池は、これら3つの大きな課題を同時に解決出来る技術として期待されており、多くの企業で研究開発が行われている。同時に、燃料電池の普及に向けては、燃料となる水素の導入が必要であり、代替燃料として導入が期待されている。

本年4月には、日本の「エネルギー基本計画」の見直しが閣議決定され、この中では水素社会の実現に向けての取り組みの考え方が提示されている。水素は、同時にエネルギーセキュリティ上の観点も重要であり、その観点から見ても2次キャリアとして様々な1次エネルギーから変換

することが可能であるという特徴を有する。所謂、燃料に求められる3E+S (Efficiency, Economy, Environment + Safety) に対してその可能性は非常に高い。この中では Economy に対しての道筋を示す事と、安全に対する啓蒙を進める事が重要である。Hondaの考える燃料電池電気自動車開発の意義と位置付けを図1に示す。

燃料電池の歴史

燃料電池は、1837年にグローブ卿がその原理を発明したが、その後産業分野の研究開発として注目されたのは、1960年代の米国の宇宙開発におけるジェミニ計画で取り上げられてからである。ジェミニではPEFC (Polymer Electrode Fuel Cell) を採用したが、その後のアポロ計画ではアルカリ型 (AFC : Alkaline Fuel Cell) が採用された。1967年には自動車への搭載という観点でGeneral Motors社がバンにPEFCを搭載したが、まだまだ大きく、重いものであり、自動車用のパワープラントとしては更なる小型、軽量化がなされないと難しいことが示された。日本においてもほぼ同時期に、ダイハツがヒドラジンをういた燃料電池を軽トラックの荷台に搭載したが、やはり大きく重いという状況であった。

燃料電池の飛躍的な進化は、1980年代後半にダウ社の開発した固体高分子膜と、触媒担持法としてコロイド法が開発されたことでもたらされた。実際に1990年始めには、カナダのBallard社の創業者であるJeffrey Ballardがこの技術を用いた高出力の燃料電池スタックを開発し、バスに搭載して実証試験を実施した。その当時の燃料電池スタックの出力密度はまだまだ低いものであったが、以前のレベルと比較すると桁違いの小型、軽量化を図る事ができた。Ballard社は、当時の技術をベースに多くの特許を取得し、

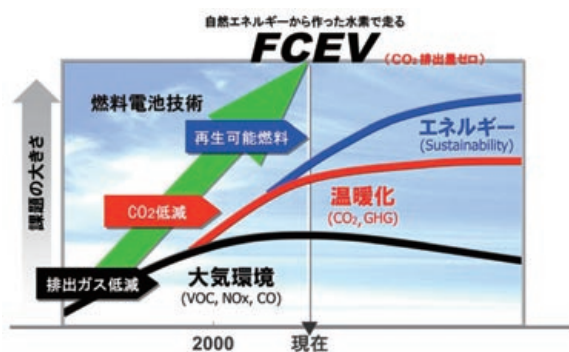


図1 燃料電池電気自動車開発の意義

所謂基本特許と言われる様な非常に権利範囲の広い特許を多く取得することが出来た。当時の燃料電池開発は主に、リン酸型の100kWから200kWクラスの開発が主体であり、車載用の技術は実現困難に思われていたのが実情であった。

Ballard社の進化を目の当たりにし、Daimler社はBallard社と共同開発を行うことでNeCarと呼ばれる燃料電池電気自動車(FCV)に燃料電池システムを搭載し、世に発表した。この当時のNeCar2はミニバンの後部スペースに燃料電池システムと水素タンクを搭載し、人は運転席と助手席の2名しか乗る事が出来なかったが、その進化のスピードに驚き、多くの自動車会社がこの辺りから開発を本格化し始めたという状況であった。弊社も2002年にリース販売を開始したFCXは、Ballard社のスタックを搭載しており、当時色々な面でお付き合いをしていた。当時を振り返ると、確かに当時の実力ではBallard社に一日の長があったが、実際にBallard社のメンバーは当時、「自動車会社は心臓部をどうしても自らが作る事にこだわりがあり、確かにBallard社は強い特許が沢山あるものの、実際に普及、拡大する時期が訪れるには時間がかかることから、その時には自動車会社は自らの技術蓄積を含めBallard社を追い抜く事になるだろう」と言っていたが、結局、言った通りの結果になったと感じている。

燃料電池の種類

燃料電池は大きく分けて5種類に分けられる。現時点車載用として研究開発を行っているPEFCや、実際の定置型のビジネスとして、100kW級のビジネスを展開していたPAFC技術、それと高温タイプに分類される熔融炭酸塩型燃料電池(MCFC Molten Carbonate Fuel Cell)、固体酸化物型燃料電池(SOFC: Solid Oxide Fuel Cell)、宇宙開発で利用されているアルカリ型燃料電池(AFC: Alkaline Fuel Cell)の5種類である。(表1)

それぞれに特徴があるが、自動車用としてはPEFCが最も適している。理由としては、そのスタックの出力密度の高さと、作動温度領域が自動車の作動領域として適している点が挙げられる。特に作動温度に関しては、他の燃料電池が高温作動タイプであり、その意味ではスタックという

部品を高温に維持するだけでも効率に課題があり、多くの場合は温度による性能差が大きいものが多い。その点PEFCはサブゼロ条件から80℃程度の間で緩やかに性能が変化する特徴を有しており、自動車の要求に合致している。

AFCは非常に高い性能を持っているが、純度の影響を強く受けるといふ特徴があり、その意味では液体水素、液体酸素を利用出来る宇宙用に適している。MCFCは作動温度650℃程度であり、SOFCは更に高温で作動する。最近ではSOFCの作動温度を下げる開発が進んで来ているが、それでも650℃程度である。共に大出力の発電装置を目指しており、高温の廃熱からコンバインドサイクルを組み合わせる事で更なる高効率を目指す事が出来る。SOFCは家庭用の小出力の開発も加速しており、特にエネファーム用としての開発及び設置が始まっている。小型の特徴としては、SOFCの課題である線膨張係数の違いによる影響を最小限にする事が出来る。また、定置型としては出力変動も限られており耐久的には有利である。現在のエネファームはPEFCが中心であるが、今後SOFCとの技術比較の上でどちらが主流となるかは興味深いところである。

ここでPEFCの基本原則と構造の概要を説明する。PEFCの基本原則は、水素と空気中の酸素を反応させ、水を生成するという反応が基本である。一般的に水の電気分解の逆反応というものである。水の電気分解は、中学校時代に水に触媒を通して電気を流すことで、水素と酸素が発生するという実験をした経験があると思うが、逆の反応を行うことで電気が発生することは理解し易いと思われる。燃料電池スタックはこの反応を起こさせるユニットとして、セルと呼ばれる高分子膜、電極、ガス拡散層(一般的にカーボンペーパー(紙)やカーボクロス(布)等)、ガスや冷媒を流す流路を構成するセパレータを積層する構成になっており、自動車用の場合、その厚みは非常に薄いものとなる。モータに要求される電圧を確保するためには、このセルを数百枚積層する必要があり、車両搭載する場合は直列に積層して500~600mm程度の全長に収めなければならない。構造としては、全てのセルは水素、空気ガスと、冷却のための冷媒が流れることから、全ての流路を確実にシールする必要がある。例えば、最も漏れやすい気体である水素を総延長1kmあるシールラインで漏らさない様な構造にする必要がある等、構造設計が非常に重要となって

表1 燃料電池の種類

タイプ	固体高分子型	リン酸型	アルカリ型	熔融炭酸塩型	固体電解質型
	PEMFC	PAFC	AFC	MCFC	SOFC
電解質	高分子膜	リン酸水溶液	水酸化カリウム	熔融炭酸塩	ジルコニア
作動温度	常温~100℃	200℃	常温~100℃	650℃	700℃~
用途	自動車用 小型定置発電	100~200kW レベルの 中規模定置発電	宇宙開発 (純水素、 純酸素発電)	大型発電装置	小型定置発電 大型発電装置

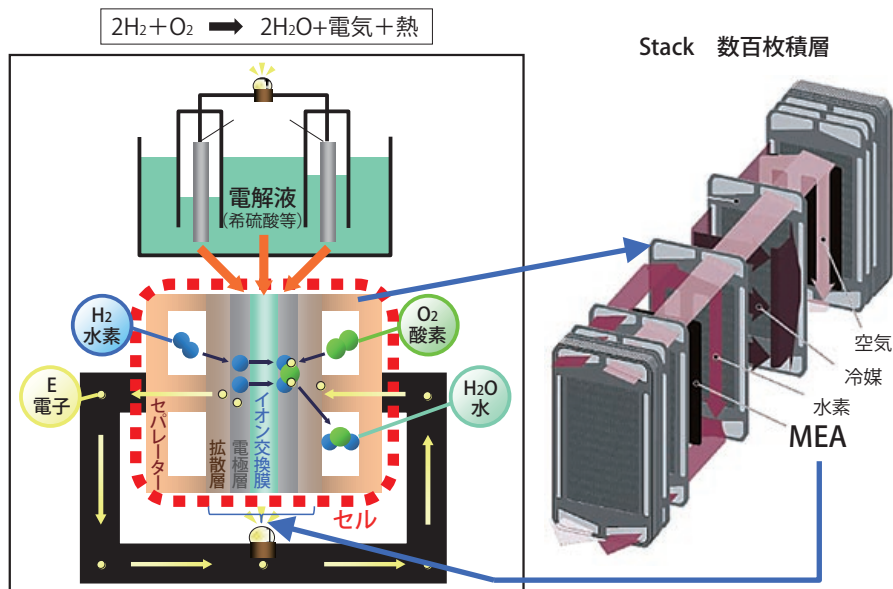


図2 燃料電池の原理とスタックの構造

くる。基本原理と構造の概要を図2に示す。

自動車用途の例を示したが、定置型とはその要求性能が異なる事から、異なる特徴を有する。特に大きく異なるのが要求される耐久性とサイズである。耐久性としては、定置型は、変動は少ないものの10年間をフルにカバーしようとする9万時間以上の耐久性が求められ、自動車用は走行距離から換算すると5,000時間程度で許容される。但し、自動車用はその作動範囲と過渡特性に大きな特徴があり、要求される時間は短いものの耐久に与える影響は非常に多くの要素が加味されることになる。サイズとしての要求は、自動車に搭載する為には小型軽量化が強く求められ、同時に衝突や振動といった特殊な要件も満足することが要求される。単なる小型化という観点以上の要件が求められる事になる。

技術的には、自動車用としては上記の様な様々な要求を満足するためにセパレータの材質としてステンレス系が選択されることになる。逆に、定置型はむしろ大きさよりも性能上の要求から、深い流路が成形可能なカーボン系が選択されるといった違いがある。また、BOP (Balance Of Plant) と呼ばれる発電システムに必要な部品類についても、過渡特性と幅広いターンダウンレシオを要求する自動車用と、一定発電(何段階かの出力変化はあるであろうが)を要求する定置型では自ずと要求性能が大きく異なる。自動車用途の要求としては、環境性能(低温から高温迄)、振動条件、NV性能、小型化等の様々なものが要求される。これらの部品は世の中の技術として擦り合わせ技術ではあるものの、非常に高いレベルでのバランスを求められる。日本の産業は、燃料電池スタックを含め、これらの部品を開発していく上で高いポテンシャルを有しており、新たな知見を生み出し続けている。その結果として、現在燃料電池領域での特許出願数は、世界的に見て日本が大きくリー

ドしており、将来の産業競争力の観点から見て価値が高いと考えている。

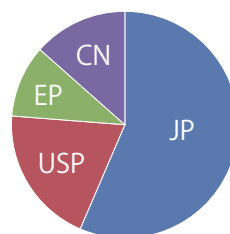


図3 日米欧中におけるFCに関する特許出願件数(2000年以降出願)

燃料電池システム

燃料電池発電は、最も重要な部品であるスタックにいかにかにガスを供給し、いかに冷却し、生成された水をいかに排出するかという作動条件を制御することが求められる。燃料電池という名称であるが、スタックは水素と酸素の反応器であり、それ自体は変化しない。所謂一般的な電池は、電気を充電する時と、放電する時に内部の電極材料が変化の特徴を有しており、それ故、蓄えた電気が消費されるとそれ以上の電気を供給できなくなる。つまり、燃料電池はガスを供給し続けなければいつまでも発電できるという違いがあり、その意味では電池という言い方をされてはいるものの、正確には電気化学エンジンといった方が正しいかも知れない。所謂内燃機関のエンジンも、燃料と空気を混合して燃焼室に供給し、燃焼させることで出力を得ているが、その際に燃料を供給し続けなければいつまでも出力を出し続けることが可能であり、エンジンそのものは何も変化しない。

したがって、燃料電池システムには内燃機関同様に、作

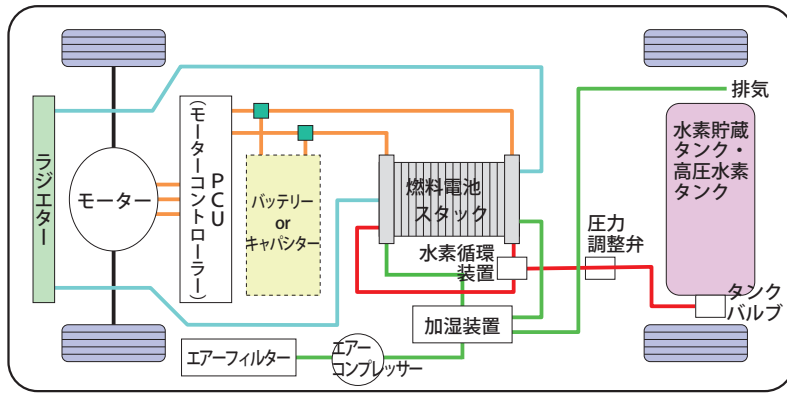


図4 燃料電池システム概念図

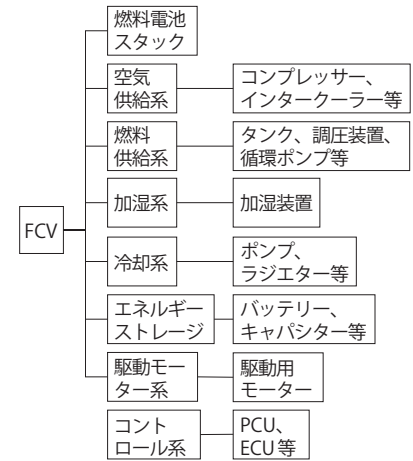


図5 燃料電池システム部品構成

動条件を満足させる燃料供給、冷却制御等が必要であり、これらの技術は内燃機関で必要とされる技術であり、その部品も非常に類似している。開発に必要な専門性として、化学系の技術者が中心になるといった印象をもたれる場合があるが、実際は制御をするための部品開発、制御開発が80%以上必要であり、その意味では内燃機関の開発に必要な専門性を持った技術者が必要とされる。つまり、燃料電池システム開発においては、内燃機関と同様のサプライチェーンが必要であり、内燃機関とほぼ同じ領域のサプライヤーが必要となる。この点も自動車会社が将来に向けて開発を積極的に行う理由である。

図4, 5に自動車用のシステムの概念図と、系統図を示す。

Hondaにおける燃料電池電気自動車開発の歴史

Hondaは、1980年代後半から燃料電池電気自動車(FCV)の開発に取り組んできた。最初は自動車搭載というよりも、基礎研究的な取り組みであり、果たして燃料電池は車載可能か? という命題に自らの回答を得る為に取り組んでいた。自動車用として実際に車両に搭載したのは1998年であり、この時はBallard社製の10kWのスタックを2本搭載したが、初期型のオデッセイに運転席と助手席だけを残し、他のスペースはタンクを含めた燃料電池システムが占有するというものであった。燃料電池スタックは自前での開発

を継続しつつ、車載用としてはBallard社製のスタックを利用してFCV開発を行った。この意図としては、車両用の燃料電池はシステム開発が非常に重要であり、コンポーネントの開発と同時に、車両としての制御技術の開発を加速することが競争力確保の上で非常に重要であると考えていた。スタックだけでなくシステム領域を早めに押さえる事は重要なポイントであった。当時は、燃料としてメタノール改質、ガソリン改質、純水素貯蔵と様々な燃料が検討された。Hondaでもこれらの改質装置の開発を行ったが、液体燃料のエネルギー密度は魅力的なものの、車載での改質では燃料となる水素ガスの供給に対する時定数が遅く、また、触媒反応を保つ為に高温に保つ事、最大の課題として起動時間が長過ぎる事等の非常に困難な課題に直面した。結局、2001年に純水素貯蔵を他社に先駆けて決断し、その際の貯蔵技術としては、最も技術的に課題の少ない高圧貯蔵とすることとした。この判断には、当時高圧のガス貯蔵技術としてCNG自動車の開発による知見を有していたことが大きく寄与した。また、試作車は早めに市場での走行を行う事で、様々な知見を得られると考えていたが、折しも2000年頃よりカリフォルニア州でCaFCP (California Fuel Cell Partnership) が実証フリートとして始まり、最初の段階から参加することでFCVとしての多くの課題を洗い出し、多くの知見を得る事が出来た。この結果、FCV開発は加速し、2002年の12月2日に日本とUSで同時に世界初で市場に出す事が出来た。この経緯を図6に示す。



図6 Hondaにおける燃料電池車開発の歴史

その間、自前のスタック開発も大きな進展を見せていた。車載スタックの課題を目の当たりにするにつけ、元々多くの燃料電池開発会社が採用していたスタックの材料に疑問を持つ様になってきた。特にセパレータの材料は、当時腐食耐性の観点よりカーボンの薄い成形が主流であったが、振動や衝突の要件に加え、何より自動車の求める品質をどう保証するかという観点でステンレス材料への変更が必要であると判断し、先ずステンレス材ありきでの成立を目指す開発を行った。この判断は、現在の車載スタックのセパレータの材料が殆どステンレス製になっている事も考慮すると正しい判断であったと考えている。同時に、そうすることでやはり技術的な課題を克服するための取り組みが進化し、この領域においても多くの特許を取得する事が出来た。技術的な成立性に可能性を見出し始めていた時期でもあり、難しい判断ではあるがやはり在るべき姿から技術を選択していく事が重要であると感じている。特許の特性として、他者のやっていない技術をいち早く取り組むことで、その領域での特許上の優位性を確保する事が重要である。しかし、同時に技術とは不思議なもので、様々なポートフォリオを持ったサプライヤーが自らのドメインである技術を革新する取り組みを継続的に行っており、次から次へと代替技術が生み出されてきている。その意味では、先行する者は、出来るだけ広いクレームを作る事で先行者の優位性を確保することも必要であり、周辺特許を含む網羅的な特許の枠組みを構成する事も忘れてはならない。

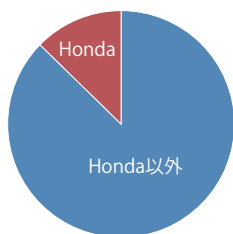


図7 PEFC用セパレータに関する特許出願件数 (2000年以降国内出願)

これらの新たな技術を導入して2003年にHonda内製のスタックを完成させ、2004年に車両に搭載して世に出すことが出来た。このシステムの特徴は、氷点下起動の実現と、高温作動条件での発電を可能にした事である。技術的な特徴としては、前出したステンレス製のセパレータに加えて、ハイドロカーボン系の電解質膜を採用した事で、従来のフッ素系の電解質膜に比べて氷点下での導電性の性能を向上し、同時に通常時も10℃程度高温での運転が可能となった。電解質膜の高温での作動は、FCVの開発においてパッケージング上で大きな優位性がある。車両の廃熱は従来ラジエターで行うが、発電時の作動温度が低い事から内燃機関の場合に比べて外気温と冷媒の温度差を大きく取

れないことから、どうしても廃熱はラジエターの大型化で対応する必要がある。高温作動が出来れば、外気温との差が大きく取れ、結果的にラジエターの小型化が可能となる。車のパッケージにおいて、外気温をうまく取り込む為には、ラジエターは車両最前部に置かざるを得ない事から、車両のデザインに大きく関係することになる。したがって、電解質膜への要求としては、高温での運転を可能とする材料開発が求められている。

FCXクラリティの開発

Hondaは2008年に新デザインのセダントタイプのFCVであるFCXクラリティを開発し、発表した。以前のモデルでは、電気自動車のバッテリー搭載位置に燃料電池システムを置き換える形であり、床下にBoxを抱くレイアウトであるため、どうしても乗車位置が高くなり、背の高い車のパッケージとなってしまった。次期FCVとしては、セダントタイプに搭載する事を目標に、燃料電池システムの小型・軽量化に取り組んだ。燃料電池は、内燃機関の様に搭載場所が限られることなく、ある程度搭載位置を自由に選定出来ると言う特徴があり、セダンの乗車位置を変えずに燃料電池システムを搭載出来る様々な位置を検討した。その結果、スタックの小型化と同時に、縦長の形状とする事でセンタートンネル内に納める事とした。また、同時に駆動モーターもモーター軸を中空とすることで、ドライブシャフトをその内側に配置する事で、同軸のレイアウトとした。PDU (Power Drive Unit) もモーターと一体化することで大幅な小型化を達成し、これによりフロント部をショートノーズとすることが出来た。また、二次電池としてリチウムイオン電池を採用し、リアシート下に配置し、シートの後ろに大径の35MPa水素タンクを搭載した。一般的に、先進的な車のデザインは、「キャビンフォワード」デザインと言われているが、まさしく先進性を訴求出来る形のセダンとすることが出来た。クラリティのスケルトン図を図8に示す。

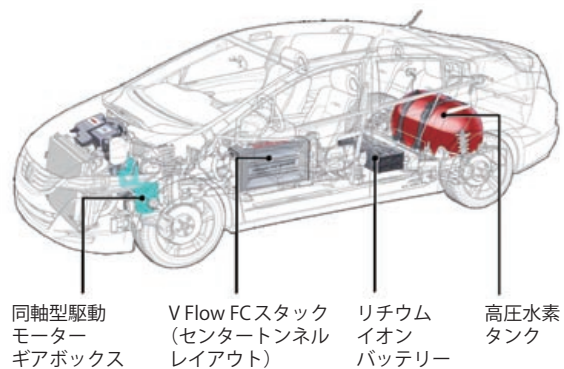


図8 クラリティのコンポーネント配置図

燃料電池スタックの小型化が大きな鍵であったが、前モデルに搭載したHondaの内製スタックは、材料技術としては革新的な取り組みが出来たが、一方、スタックの構造は大きくは進化していないものであった。次に進化させるのは、センタートンネルに搭載するために縦長の形状にすることを含めた設計技術であると位置づけて開発を進めた。一般的にステンレス製のセパレータの場合、プレスで成形するため、形状的には表裏が同じ形状になることから、ガスや冷媒を流す流路はどうしても同じ方向に流さざるを得ない。ところが、水素、空気、冷媒を片側の辺に集中させると、縦の長さ方向を延ばさざるを得なくなり、結局小型化を達成する事は難しい。このような課題に対して、冷媒をガスの流す方向と直角に流せないかと考え、流路を波形状にし、波の位相差を利用することで、ガスを流す方向と冷媒を流す方向を直交させ、セルのコンパクト化を実現する事が出来た。また、セルの冷却を水素側、空気側のどちらか一方にして対応する、つまり冷却セルの数を減らし、全セルではなく隔セル冷却とする事で、積層のセル数を削減することが出来た。この構造を図9に示す。



図9 Vフロースタックの構造

「必要は発明の母である」というが、この構造の進化もまずは、搭載位置を明確にし、その制約の中で如何に知恵を使って実現するかという取り組みを行った結果であり、その意味では「在りたき姿」を描き、それを実現するために必死に知恵を出す事が重要である。そうすることで、この領域でも多くの特許を出願する事が出来た。

クラリティは、デザイン的にも、走行性能的にも環境車としてありがちな我慢をしておらず、新たな価値を提案出来たと考えている。また、クラリティの効率は、モード走行に必要なエネルギーを消費した水素の熱量で割った値である車両効率で60%を達成しており、ガソリン車の3倍、ハイブリッド車の2倍である。効率は、環境車にとっては最も重要な開発ポイントの一つであり、効率を向上させる為の技術が数多く投入されている。これも部品の改良から、制御の改良まで集中して特許を出願した領域である。効率が高いという事は、実際のお客様のメリットとして見た場合、航続距離の長さに反映されることとなる。ク

ラリティは、日本の旧評価モードである10-15モードで走行した場合、620kmの航続距離を有している。十分に長い航続距離を確保しているが、これを達成するポイントとしては、前出の効率に加えて、車両の軽量化と水素搭載量の拡大が必要である。軽量化に関しては、クラリティでは前モデルより200kg以上も軽量化しており、車両総重量としても1,620kgを達成している。同クラスのガソリン車に対して100kg程度重いレベルとなっている。また、水素貯蔵量の拡大に向けては、貯蔵圧力の高圧化が有効であるが、クラリティは従来の車両と同じ35MPaを採用している。当時、水素ステーションに関しても70MPa化の検討が始まった段階であり、充填出来る場所が無いと言う観点と、技術的にも確実な進化を目指すという観点で70MPaの技術開発は併行して行うものの、まずは35MPaの技術をしっかりと固め、実績を積み重ねる事が重要と判断した。

クラリティの外観と主要諸元を図10と表2に示す。



図10 FCX Clarity外観

表2 FCX Clarityの主要諸元

諸元	4,845 × 1,845 × 1,470mm
車両重量	1630kg
最高速度	160km/h
航続距離	620km
燃料電池スタック出力	100kW
モーター最高出力	100kW (136ps)
モーター最大トルク	256Nm (26.1kg・m)
エネルギーストレージ	リチウムイオンバッテリー 288 (V)
水素タンク容積/圧力	171L / 35Mpa
水素充填時間	3~4分

クラリティの生産に関しては、心臓部のスタックの生産を自前で行い、車両に関してもパイロットラインを作って、生産技術に関する課題の洗い出しも行った。特にスタックはこれまでの内燃機関とは全く異なる生産技術が必要とすると共に、品質保証を行う上での課題も抽出した。金属セパレータは順走プレス機を導入し、求められる精度をいかに保証するか、タクト時間はどの様に短縮するか

等々、様々な取り組みを行った。反応の心臓部であるMEA (Membrane Electrode Assembly) に至っては、高分子材料に触媒をいかに均質に塗布するか、そのプロセスは何か良いか等々の生産検討を行った。勿論、触媒そのものや高分子膜そのものはサプライヤーとの共同開発により作り上げた仕様の材料を購入した上で、MEAにするプロセスを品質を含めいかに作り上げるか、その課題は何かといった取り組みを行い、数多くの知見を得た。元々日本の生産技術は非常に高い水準であると同時に、サプライチェーンも基本は日本国内の企業で構成出来るという強みを活かした取り組みが出来た。勿論、スタックの仕様も生産技術も更なる革新が必要な技術であるが、初期段階でその課題を実際の生産で抽出出来た事は今後の開発の方向性を決める上で非常に価値が高いと考えている。この領域の技術は得てしてノウハウに関する技術が含まれることから敢えて特許化しないということがあるが、今後も進化を継続する必要があることから、中身を見極めながら積極的に出願を行った。日本は、国内での生産のみならず、生産技術を輸出する事による外貨の獲得や、プレゼンスの維持に向けて、今後も生産プロセスの技術の優位性を確保する事が重要であると認識している。

次期モデルの開発に向けて

クラリティは、3年間のリース販売という形でお客様に提供し、日本とUSでお使い頂いている。リーマンショックの影響もあり、当初の計画に対しては生産台数が少なくなったが、お客様には十分満足頂いていると感じており、同時に我々の開発に対しても多くのフィードバックが来ている。車の場合、お客様の使い勝手が個人で異なるだけでなく、使用環境も夏冬の気温の変化、高地での使用等さまざまな運転状況が想定される中で、実際のお客様の使用に対する声を聞く事は開発に対して必要不可欠である。その上で、それらの声に応えられる技術を作り上げる事が自動車会社の責務であると考えている。



図11 FCEVコンセプト

技術的には、スタックの小型化は永遠のテーマであり、継続的に取り組んで来たが、開発者の思いとしては、内燃機関の搭載位置と同じ位置に燃料電池の発電システムとモータを搭載出来ないかという強い思いがあった。この点は、車両開発上でも異なった特殊なプラットフォームを必要とするよりも、他機種展開を含めた拡張性を考えると有利であるとの認識があった。勿論、水素タンクの搭載は特殊なものとなるが、ラゲッジルームの影響はあるものの、機能的には後部の変更はある程度自由度は確保出来ると考えられる。したがって、今回エンジンフード下への搭載が出来れば、その先に様々な車種への搭載の可能性が増えてくるものと考えている。

Hondaは、2012年9月に2015年に次期FCVを販売することを発表し、昨年11月にそのコンセプト車である「FCEV Concept」をロサンゼルスオートショーで発表した。その概要を図11に示す。

今後の課題

Hondaとしては、FCXクラリティの開発を通じて、その動力性能、環境適合性や航続距離等はある程度、既存のガソリン車に対して近いレベルを達成出来たと考えている。今後は耐久信頼性、品質保証とコスト低減を更に継続して開発していく事が重要である。この3つの項目はお互いに深く関係しており、一つのみを実現するという事は出来ない。勿論、耐久信頼性は、あるレベルで確立しているが、その成立条件は他の2つの課題をあるレベルで設定した上で実現している。

車の品質保証は、ガソリン車のレベルで言えばppmオーダーで不良率を抑えている。ところが、燃料電池スタックはこれまでの車の部品とは大きく異なり、数百セルの積層構造となっている。つまり、電池を数百個直列に接続しているのと同じであり、この場合、接続した電池に1個の不良品があると、全体も影響を受けてしまって不良になる。一般的に、工業製品の品質管理は6σレベルで管理されているが、スタックの場合は、3桁高いレベルを要求される事となり9σレベルの管理が必要となる。この為に、様々な検査工程が必要となるが、コスト低減に対しては相反することとなる。つまり、コスト低減に向けては、セル生産のタクトタイムを短くする必要があるが、検査工程が入ると短く出来ないし、検査機器等の投資も計上する必要がある。逆に、コスト低減の為に生産タクトを速くすることは、品質管理のハードルを高くする要因となる。コスト低減に寄与する触媒白金量の削減に対しては、耐久性に大きく影響することが分かっており、両立する仕様の確立が求められている。つまり、耐久信頼性、品質保証とコスト低減はお互いに密接に影響する関係であり、トリレンマの関係にある。自動車会社の開発にとって、この

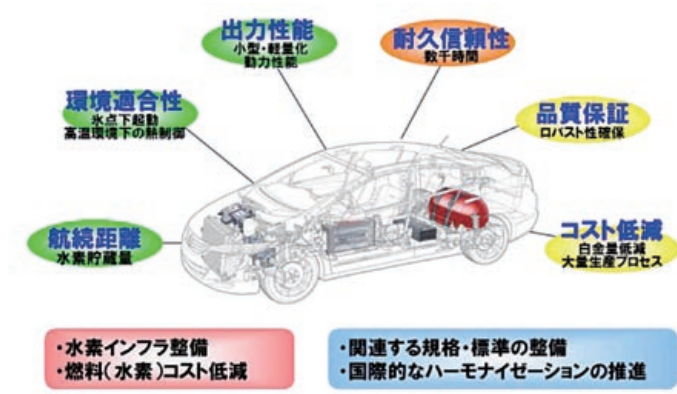


図12 FCV開発における課題

3つの課題は、継続的にその最適な仕様と保証技術、生産技術を構築する取り組みが求められている。

燃料電池電気自動車 (FCV) の普及に向けて

FCVの普及に向けては、インフラ整備との関係で、良く「鶏と卵」の関係と言われている。確かに、水素の充填が出来ないと言う状況で、お客様に不便を強いる様ではFCVを世に出しても普及は見込めない。これに対して、日本では2015年迄に4大都市圏を中心に100カ所の水素ステーションを整備する目標でインフラ整備を進めている。Hondaは、2015年に昨年公表したFCEVコンセプトのテストを取り入れた新型FCVを市場に投入する計画である。初期は4大都市圏に限定されることとなり、ガソリン車の様にいきなり大きな台数を市場に投入することは出来ないが、普及に向けては、段階的にインフラ整備とリンクしながら台数を増やしていくことが必要と考えている。

本格的な普及に向けては、FCVの車両価格だけでなく、燃料の水素価格の低減も非常に重要であり、所謂ライフサイクルコストで評価することが必要である。具体的には、現在のガソリン車の価格と生涯使用するガソリンの価格を

合計した費用と、FCVと水素の合計費用がいずれ同じとなり、その後、FCV+水素が安くなるという予測をしっかりと示していけることが必要である。その確からしさを示す事で、インフラ企業のビジネス成立の見込みが得られ、インフラ投資が加速し、全国にインフラが整備されることとなる。自動車会社は、制約が無くなったことで顧客の制約が無くなり、台数を増やす事が出来る。つまり、お客様と、インフラ会社、自動車会社が全てWin-Winの関係となり、結果として加速的に普及することとなる。

したがって、上記の様な関係を作り上げる為には、将来的な自動車会社の開発としては、前出の3つの課題の中でFCVのコストの低減が最も重要な競争のポイントとなる。本格普及期においては、生産量の拡大に応じた耐久性、品質保証を確立することは前提条件になるため、結局自動車会社の特徴を活かした車両開発とそのコストが競争領域になると考えている。また、普及の条件としては車両価格のみならず、水素の燃料代としての低価格化も必要となる。実際にお客様が購入する場合の条件として、車の生涯を合計したランニング費用が重要であり、将来この指標で現在のガソリン車と比較してFCVが有利になるということをしかりと提示できる様になることが必要である。

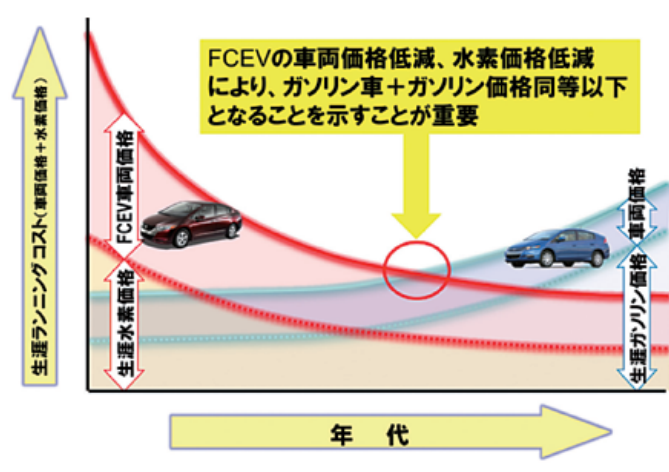


図13 燃料電池車普及の条件

まとめ

Hondaとしては、FCVを「究極のクリーンカー」と位置付け、継続的に開発して来た。その間、自動車用としての燃料電池の在り方の研究・開発を繰り返し、生産技術を含め多くの特許を出願してきた。特に、日本国内でのサプライヤーとの共同開発、自動車会社間の開発競争により、日本の特許出願件数が全世界的にも突出したものとなっている。地球温暖化対策やエネルギーセキュリティーという観点で世界に貢献出来るだけでなく、日本の産業競争力を活用し日本がリード出来る領域であると考えている。

しかし、新技術の市場導入に当たっては、乗り越えなければならない多くの課題があるのも事実であり、水素という燃料のインフラ整備、その導入に向けて市民の安心に対するコンセンサスを得る事も時間が掛かると考えている。新技術の比較として、ハイブリッド車の導入の経緯が参考になるが、インフラ制約の無い場合においても、本格導入には10年から15年掛かっているのが現実である。FCVは2015年に導入を始めたとして、本格的な普及にはインフラ制約も考慮すると、同程度以上の時間が必要であると考えられる。2050年の目標を考慮した場合、温暖化対策もエネルギーセキュリティーも待った無しの状況であり、時間はあまり残されていない。技術の進化には時間も掛かることを考えると、まさしく今始めないといけない状況にあると感じている。

Hondaは、この様な考えの下、FCVの導入を積極的に行なうと共に、継続的な進化を図って行く事で、魅力あるFCVの開発を世の中に提供していく所存である。

Profile

守谷 隆史 (もりや たかし)

- 1981年 本田技研工業(株)入社、(株)本田技術研究所に配属
主に将来エンジンの設計業務に従事
- 1995年 燃料電池自動車の研究に従事
- 1996年 燃料電池開発室課のマネージャー
- 2005年 同 シニアマネージャー
- 2009年 同 執行役員
- 2011年 上席研究員

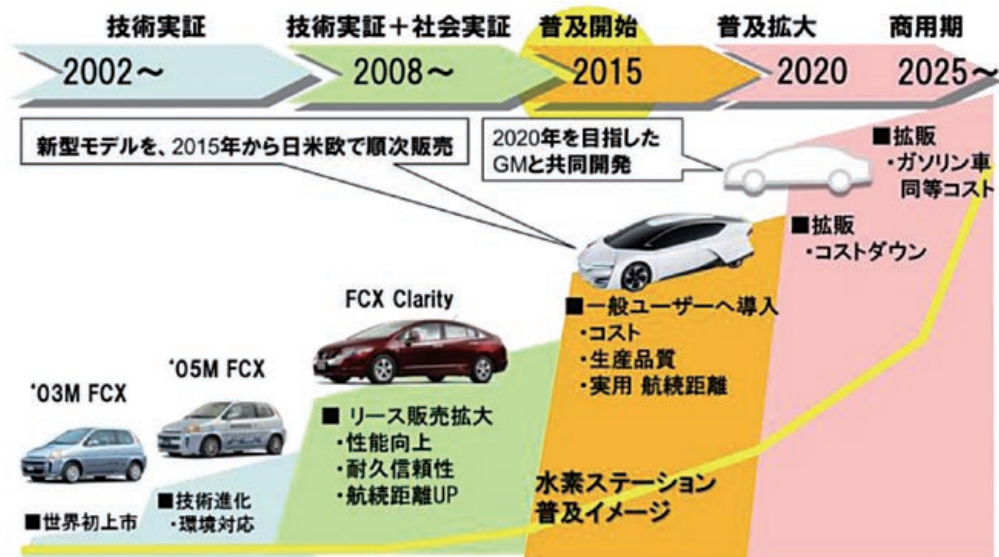


図14 Hondaの燃料電池車開発の考え方