

ホンダにおける燃料電池電気自動車の開発

株式会社 本田技術研究所

四輪 R&D センター 第 5 技術開発室 上席研究員 守 谷 隆 史

1. はじめに

ホンダは、90年代後半より自動車に要求される課題として、元々規制のあった大気汚染に加えて地球温暖化、エネルギー問題の3つの項目を挙げてその対策に取り組んできている。昨今の社会情勢の変化を見るにつけて、これら3つの項目に対する懸念は徐々に確信に変わりつつあると感じている。一方、自動車の需要は、新興国の人口増加、経済成長などにより増加が予想されている。現在、自動車のエネルギーの大半を石油に依存しているなかで廉価な石油の安定供給が難しくなると同時に、地球温暖化防止の観点からCO₂の排出を低減することが求められている。ホンダは、燃料電池電気自動車（以下FCEV）を自動車に要求される3つの課題を同時に解決しうる次世代型パワープラントと位置付けて開発してきた。同時に、水素とFCEVは、将来のスマート社会に大きく寄与出来る可能性について言及する。

2. 世の中の情勢

現在、米国ではシェールガス革命が起きており、従来コストが高くなると予想されていたエネルギーが安価で採掘できる技術が開発され、当面のエネルギー確保に対して安堵感が出てきている。これは原油の高騰によって、シェールガス利用でも採算性が確保できるレベルになったとも言える。しかし、日本では昨今の原発問題を含め輸入原油費用の高騰により、10年前に比べると同じ輸入量でありながら、15兆円以上も余分に中東に資金が流れている。エネルギーセキュリティーの観点でも地域的なリスクを回避出来る様な取り組みが求められている。また、先に挙げたもう一つの課題である地球温暖化対策に向けたCO₂排出量の削減に対しては、明確な解が無い状況であることに変わりはない。ラクイラサミットでは2050年までにOECDのCO₂排出量を2000年比で80%削減し、全世界では50%のCO₂削減を目標に合意している。この大幅なCO₂削減を達成するために、自動車会社と

しては、主流である内燃機関の効率改善技術を開発すると共に、ハイブリッド化による電動化の推進を強力に進める必要がある。同時に、将来を見据えた持続可能な社会を維持するためには、CO₂排出ゼロを可能とするフル電動車両の開発を並行して行うことが必要である。CO₂排出量は単に車から排出されるだけでなく、井戸からスタンドまでのCO₂排出量も削減が求められるが、電気や水素の場合は、再生可能エネルギーの利用や、採掘部でのCCS（Carbon Capture System）などの技術で排出CO₂をゼロ化して行く事が重要である。

3. ホンダの考える一つの方向性

ホンダでは、水素製造技術の開発を2000年代初頭より行っている。2009年には高圧水電解という技術を開発し、水電解と昇圧機能の統合を実現し、小規模ながら大規模ステーションとほぼ同等の水素製造効率を有するステーションを開発し、米国の研究所において長期の実証実験を実施してきた。外観を図1に、主要諸元を表1に示す。

表1 高圧水電解装置主要諸元

水素製造	水素流量	0.7 Nm ³ /h (0.5kg/夜間 8hr)
	充填圧力	最大 35 MPa (約 5000 psi)
	水素純度	> 99.99%
構成要素	太陽電池	CIGS薄膜太陽電池 6 kWシステム (約 53 m ²)
	電解ユニット	差圧式高圧水電解システム
ユーティリティ	電源	240 VAC
	供給水	水道水
ユニットサイズ		約 0.33 m ³ (約 12 cf)

図1 高圧水電解装置全景

2012年3月には日本においても、埼玉県庁に高圧水電解の装置を設置し、実証試験を開始した。同時に、FCEVは、非常時の電源供給という観点でも高い性能を有している。EVと比較して3倍以上のエネルギー量を有しているばかりでなく、充填が必要になれば約

3分で満タンにすることが可能であり、継続して電源を供給し続けることが出来る。埼玉県庁の実証試験では、車からの電源提供（Vehicle to Load）をFCEVのトランクに最大出力9kWのインバータを搭載することで、交流100Vを供給可能としている。また北九

州では、交流200Vでの家への給電（Vehicle to Home）の実証試験を行っており、車としてガソリン車には無い新しい価値を提供出来るものと考えている（図2）。



図2 FCX クラリティ外部給電仕様 (9kW)

水素は、電気のエネルギーキャリアとして貯蔵に適しており、同時に車や船等で、損失無く輸送が可能という特徴を有している。これからの持続可能な社会を考えていく上において、再生可能エネルギー、電気と水素をうまく組み合わせることで、CO₂フリーなスマート社会が構築出来る可能性を秘めている（図3）。

4. FCEVの開発状況

ホンダは、1980年代の末から燃料電池研究に着手し、基礎的な研究からスタック開発への移行後、1997年に発売した電気自動車EV-PLUSのBodyに燃料電池システムを搭載したプロトタイプの車両を試作し、開発を重ねてきた。その結果、2002年12月2日に世界初でFCEVのリース販売を開始し、2004年12月には初めて日本の型式認定を取得し、2008年に現在リース販売中のFCXクラリティを世に出すことが出来た。開発の歴史を図4に示す。

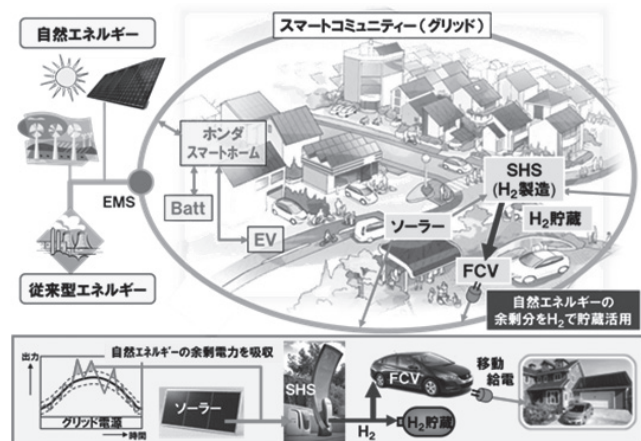


図3 スマートコミュニティにおける水素の可能性

FCXクラリティは、燃料電池スタックをセンタートンネル内に搭載することにより、セダンタイプのパッケージを可能にし、併せて、同時開発のコンパクトなモータにより、未来感のあるキャビンフォワードな魅力的なデザインの車が世に送り出せたと考えている。FCXクラリティは「究極のクリーンカー」でありながら、走行性能を犠牲にしておらず、その意味では、新しい環境車としての価値を示すことが出来たと



図4 ホンダにおける燃料電池電気自動車の開発の歴史

考えている。FCX クラリティの外観を図5、主要諸元を表2に示す。

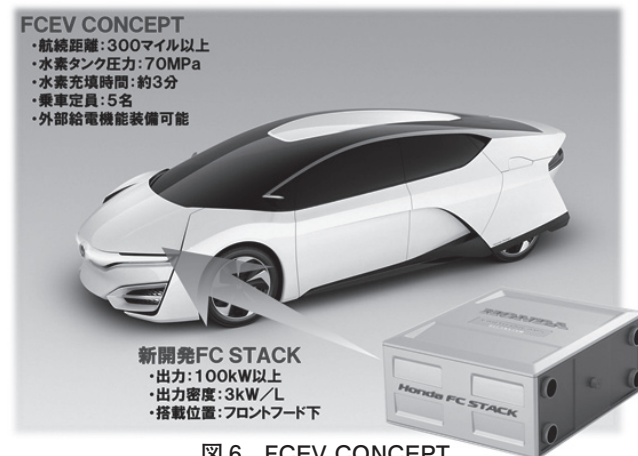


図5 FCX クラリティの外観

表2 FCX クラリティの主要諸元

諸元	4,845x1,845x1,470 mm	モーター最高出力	100 kW (136ps)
車両重量	1630 kg	モーター最大トルク	256 Nm (26.1kg・m)
最高速度	160 km/h	エネルギーストレージ	リチウムイオンバッテリー 288 (V)
航続距離	620 km	水素タンク容積/圧力	171 L/ 35Mpa
燃料電池スタック出力	100 kW	水素充填時間	3~4分

2013年11月にはロサンゼルスオートショーで2015年に世に出す予定の次期FCEVのコンセプト車を公開した。次期FCEVでは、燃料電池システムの更なる小型化を図ることで、従来の内燃機関と同様に、フロントフード下に搭載可能としている。これにより、他機種展開に向けての可能性を広げることができると考えている。クラリティ以上の走行性能と航続距離を達成しつつ、FCEVの特徴である早い充填時間と外部給電機能を併せ持つ魅力ある車を世に出す計画である(図6)。

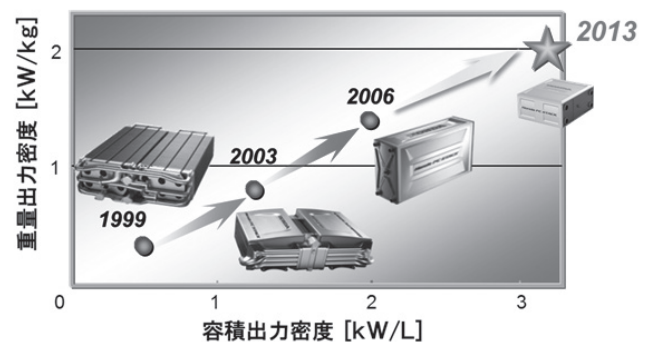


5. 燃料電池スタック開発

FCEVの開発における最大の開発課題は、燃料電池スタックの開発であり、各社とも開発競争にしのぎを削っている。コンパクトな車両への搭載を考慮すると大幅な小型化が必要であり、同時に、耐久性を確保

した上でコストを低減する必要がある。ホンダでは最初に材料の開発に取り組み、電解質膜の材質をフッ素系から炭化水素系の膜とすることで、高温作動と低温特性の向上と、メタルセパレータとすることで、車両搭載における小型化と振動、衝突時の機能確保を実現した。その上でクラリティへの搭載に向けて、流路構成を波型にして、冷媒通路を確保し、冷却を全てのセルではなく隔セル構造とすることで小型化を図り、当時世界最高の出力密度を達成することが出来た。

スタックの小型化に向けて、様々な取り組みを行ってきたが、今後、更なる小型化を行うためには、セルの高性能化が非常に重要になってくると考えている。セルの発電特性を電流、電圧特性(IV特性)として見た場合、約0.6V以下の電圧領域は、発生する熱を車側でラジエーターから排熱出来ないという車両の排熱特性から、車両搭載用のスタックの高性能化は、最大利用電圧をより高い電流側で得られる様にする必要がある。これを達成するためには、触媒性能や膜電極接合体(Membrane Electrode Assembly:MEA)の構成等を最適化することが必要となる。特にその特性を決定する上で、水素・空気・水という3種類の流体が過渡も含め最適に制御されたうえで反応系に送られ、さらに過不足無い状態で排出される必要がある。そのためには、特に水の挙動を把握し、制御することが最も重要であり、加湿も含め、燃料電池の反応は水を制御することが最大の技術課題である。この状態を解析するために、様々な手法を駆使して、電極部、拡散層や流路等での水の挙動、その原因解明が進められている。この考え方を基に開発を進め、次期FCEV搭載用の燃料電池スタックでは、1.5倍の高電流密度化を達成し、結果的に容積出力密度で3kW/L以上を達成、30%以上の小型化に成功している。これにより、フロントフード下の搭載が可能となっている(図7)。



一方で、FCVの普及に向けては、燃料電池スタックの耐久性の確保とコスト低減、車としての品質保証をバランス良く成立させることが求められている。耐久性については、劣化メカニズムをこれまでの開発を通して解明してきた。その結果、対応技術の構築を含めた見極めは出来てきていると考えているが、同時に更なるコスト低減に向けた白金使用量の低減、車両搭載用の燃料電池スタックの信頼性の確保という観点で、生産時のロバスト性の確保が課題になってくると考えている。つまり数百セルの直列接続では、品質保証として管理精度を単に上げるだけではコストとのバランスが取れなくなり生産技術を含めて新たな管理手法が必要となる。FCEVを取り巻く課題を図8に示す。

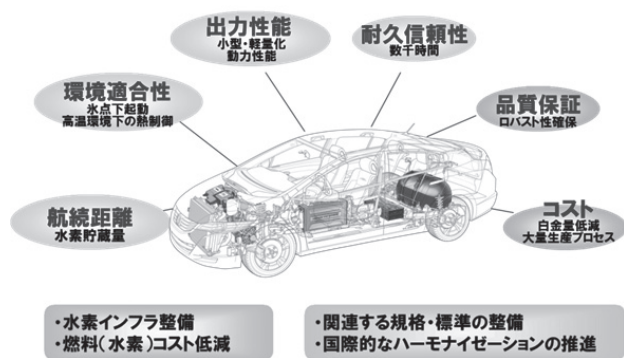


図8 燃料電池電気自動車を取り巻く課題一覧

6. 普及に向けたその他の課題

FCEV普及に向けたもう一つの課題は、水素ステーションの整備である。現在、日本では2015年のFCEV普及開始に向けて、100箇所の水素ステーションの整備を計画しているが、現在の技術レベルではこれらの設備は非常に高額なものとなっている。

この設備のコスト低減も大きな課題であり、同時にこれを達成するためには、大幅な規制緩和が必要となる。この取り組みについては、2013年6月に安倍内閣が閣議決定して強力に推進することとなっている。

水素ステーションの設置に向けては、コストだけでなく地域住民の理解が必要であるが、水素に対する安全意識を啓蒙することも重要な取り組みである。安全に対する考え方として、燃料の取扱いについては、きちんと取り扱えば安全であるということを十分に理解して貰うことが必要である。ガソリンも危険物であり、その特徴を理解したうえで取り扱っているから安全と言えるのであり、その位置付けは水素も同じである。

また、自動車は全世界で販売するグローバル商品であることから、出来れば各国の基準・標準を同じ規格にすることで、同じ仕様の商品を各地域に販売することが可能となる。所謂、相互認証という考え方であるが、その結果、より大幅なコストの低減につながると考えている。

7. まとめ

ホンダでは将来、車に要求される環境問題やエネルギー問題の対応として「究極のクリーンカー」として燃料電池電気自動車を位置付け、技術開発に取り組んできている。燃料電池スタックの開発は、自動車搭載用として、小型化と低コスト化を普及に向けて着実に進めており、2015年からFCEVの市販を開始する計画である。その上で2020年に向けては、GM社とコスト低減に向けた共同開発を行い、そのスケールメリットと併せてより一層の普及に向けたFCEVを世に出していく考えである。

人間の「移動する喜び」を維持しつつ、環境・エネルギー問題を解決するためには、水素と燃料電池が必要であり、ホンダは今後も積極的に研究開発やインフラ整備等に協力していくことで、持続可能な社会の実現に努力していく考えである。

(機械 昭和56年卒)