

Hondaにおける燃料電池車の開発とFCXクラリティ

山藤 靖之

株式会社 本田技術研究所 四輪R&Dセンター
〒321-3393 栃木県芳賀郡芳賀町下高根沢4630番地

Fuel Cell Vehicle Development in Honda

Yasuyuki Sando

HONDA R&D Co., Ltd. Automobile R&D Center
4630 Shimotakanezawa, Haga-machi, Haga-gun, Tochigi, 321-3393, Japan

Honda considers fuel cell vehicles to be the ultimate clean vehicles enabling resolution of these environmental and energy issues. This paper will provide a technological introduction to the FCX Clarity, Honda's next-generation fuel cell vehicle, and will further touch on issues relevant to the future market expansion of the vehicles.

Keywords: Fuel Cell, FCV, Hydrogen,

1. はじめに

Hondaは、90年代後半より自動車に要求される課題として、大気汚染、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。自動車の需要は、2009年時点の経済状況では、一時的には低下はあるものの、中長期的には、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り、また、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おり、水素をはじめとする新しいエネルギーの実用化が切望されている。本編では、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を搭載した燃料電池車(FCV)の開発経緯と、最新モデルのFCXクラリティの紹介を行う。

2. 車を取り巻く社会情勢

現在、世界中に7億台以上の自動車が保有されており、今後新興国を中心にさらに増加することが予想されている。一方、自動車を取り巻く課題として大きく三つの課

題が挙げられる。

一つ目は1970年代から顕在化した大気汚染問題である。アメリカで有名なマスキー法が制定されてから、自動車各社は排出ガスのクリーン化技術に取り組み、規制物質の排出量は40年間で千分の一レベルにまで低減している。

二つ目はCO₂排出量に起因する地球温暖化問題である。Fig.1の様に、太古の時代より大気中のCO₂濃度は200-300ppmの間で推移してきている。その安定していた大気中のCO₂濃度が、産業革命以降、人類の経済活動に起因するCO₂排出の大量排出により地球が温暖化することで、気候変動が生じ、人類に様々な影響が出ることが予想されている。CO₂排出に於いても、自動車の影響は無視することはできない。そのため、欧州では具体的な

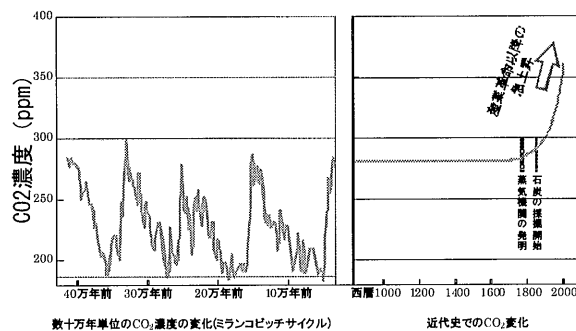


Fig.1 大気中のCO₂濃度の推移

CO₂規制が始まっており、日米でもCO₂/燃費規制が検討され、次世代自動車の早急な導入が現実的なものとなってきている。

三つ目はエネルギー問題であり、2008年後半以降の原油価格の乱高下に見られるように、廉価な化石燃料の安定供給が、今後、困難となっていく、次第に再生可能エネルギーへの移行が必要であり、最終的には、循環型のエネルギーシステムが求められている。

これら三つの自動車への社会的要請をまとめるとFig.2となる。人類は将来的には、持続可能な社会に移る必要があり、自動車といえども例外ではない。自動車が持続可能なモビリティ足りえる条件は、再生可能エネルギーかつクリーンなエネルギーの利用である。水素を燃料とした燃料電池車は、「排出するのは水だけ」という究極のクリーン車である。

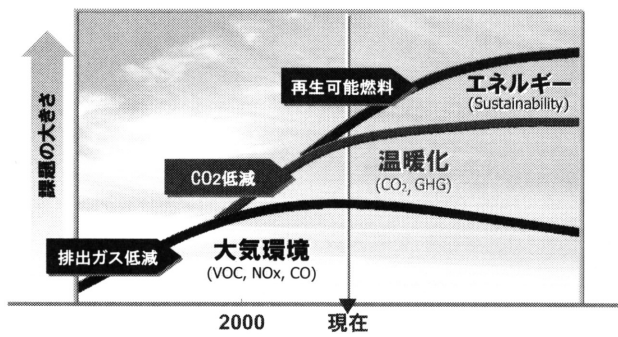
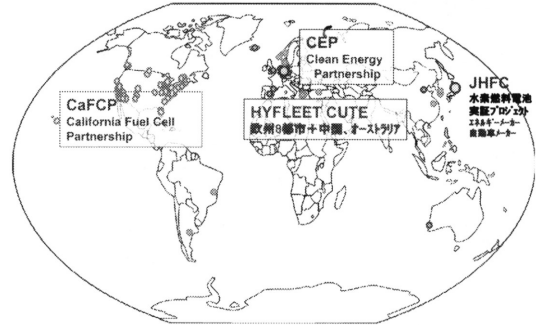


Fig.2 自動車の抱える三つの課題

燃料電池車は、前述の三つの課題に同時に解決できる可能性を持っている。その燃料となる水素は、クリーンなことはもとより、製造・貯蔵・輸送も可能であり、石油に替わる次世代のクリーンエネルギーとして、注目されている。

Fig.3に示すように、世界中で、各国・各地で燃料電池車の実証試験が行われており、日本では、JHFC(Japan Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project)、アメリカでは、CaFCP (California Fuel Cell Partnership)、ヨーロッパではCEP (Clean Energy Partnership) などが代表的な実証試験である。それ以外でも、ドイツや中国、アイスランドでは、燃料電池バスのプロジェクト(HYFLEET CUTE)も行われている。それらの実証試験の中で、実際にユーザーに使われながら、問題点が抽出され、燃料電池車や水素ステーションなどの開発にフィードバックされて、近い将来の実用化に向けて、準備が行われている。



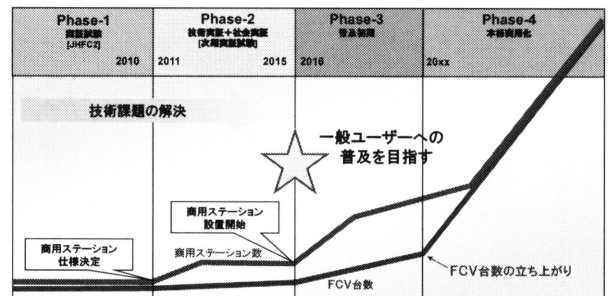
● 水素ステーションの数

日本	アメリカ	欧州
11 (稼働) ¹⁾	71 (稼働) ²⁾	41 (稼働) ³⁾

出展WEB¹⁾JHFC、²⁾NHA & ³⁾netinform.net/h2/H2Stations/

Fig.3 世界の燃料電池車フリードプログラム

エネルギー・自動車各メーカーからなるFCCJ(Fuel Cell Commercialization Conference of Japan)により、日本では、2015年の実用化に向けてのシナリオが準備されている。(Fig. 4)



FCCJ 理事会の主要メンバー企業（五十音順）
 出光興産株式会社 大阪ガス株式会社 コスモ石油株式会社 株式会社ジャパンエナジー
 昭和シェル石油株式会社 新日本石油株式会社 セナラルモーターズ・アジア・パシフィック
 ジャパン株式会社 東京ガス株式会社 トヨタ自動車株式会社 日産自動車株式会社
 本田技研工業株式会社 メルセデス・ベンツ日本株式会社

FCCJ ステークホルダー向け資料より引用

Fig.4 燃料電池車普及に向けた日本でのシナリオ

3. 燃料電池車普及に向けての課題

燃料電池車の普及に向けては5つの大きな課題があると考えている。以下にその概要と、課題解決に向けた方向性について示す。

① コスト低減

普及時の量産効果によってもコスト低減が出来ない部品に対して技術的に対策を打つ必要がある。特に燃料電池スタックにおける特取特殊材を一般的な材料に置換する必要があると同時に、貴金属を含む特殊材の量の削減、生産プロセスの生産性向上などの対応が重要である。

(Fig. 5)

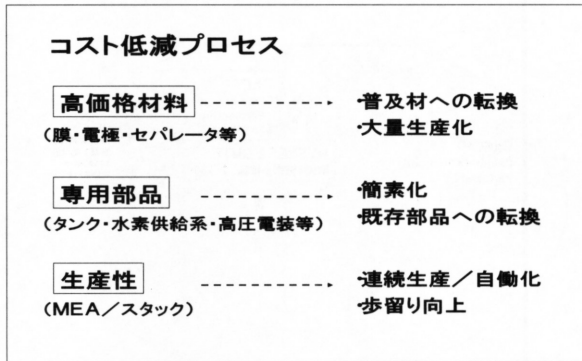


Fig.5 燃料電池車のコスト低減への手法

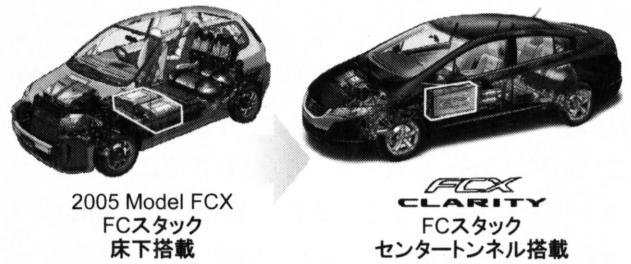


Fig.7 スタックの小型化に伴うレイアウトの進化

② 耐久信頼性

耐久信頼性については、特に燃料電池のドライブサイクル耐久性の向上と、特殊な劣化に対する対策が必要である。また、起動停止時や低温、高温時に化学的に劣化する部材の対策が重要である。開発においては、これらの総合的な耐久信頼性の評価をするための評価モードの設定が必要である。その為にも市場での車の使われ方と劣化との因果解析を行い、その要因をドライブサイクルへのフィードバックをし、早期に耐久評価モードの確立をすることが重要である。Fig.6には、起動時の劣化を耐久モードに反映した際の市場劣化サイクルテストを示す。

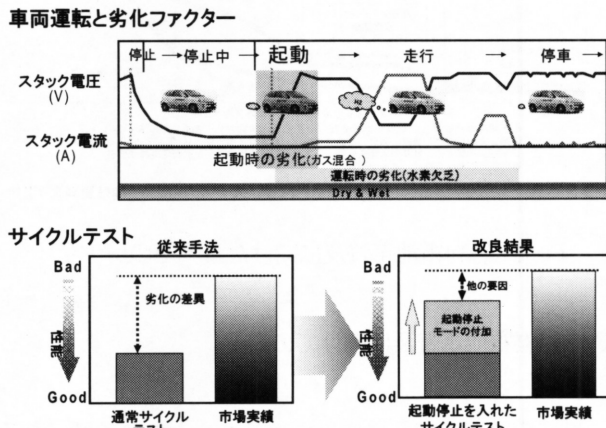


Fig.6 サイクルテストの改良

③ 燃料電池の小型・軽量化(出力密度の改善)

燃料電池の小型・軽量化は、パッケージングの自由度を上げると同時に、効率向上に寄与することから、いかなる場合でも強く求められている。燃料電池車の場合、内燃機関に比較して大きく、重いことからSUVタイプの車両への搭載が主となっているが、普及に向けては搭載車両の多様性が必要となると考えている。Fig.7に示すとおり、FCXクラリティではレイアウトが進化している。

④ 燃費航続距離の改善

多くの燃料電池車は、燃料に圧縮水素を搭載している。気体燃料の圧縮水素は液体燃料のガソリンに比べ、エネルギー密度が小さいため、一回の満タンで走行できる航続距離が短くなる傾向にある。航続距離をのぼす手段として、車両の軽量化、原動機(パワープラント)の効率向上、搭載燃料量増加がある。(Fig.8)

ただし、搭載水素量増加のために、いたづらに圧縮水素タンクの圧力を上げると、タンクおよびタンク周りデバイスの重量が増えると同時に、水素充填時の断熱膨張による温度上昇により、必要量を入れるのに充填時間が長くなるという課題もある。

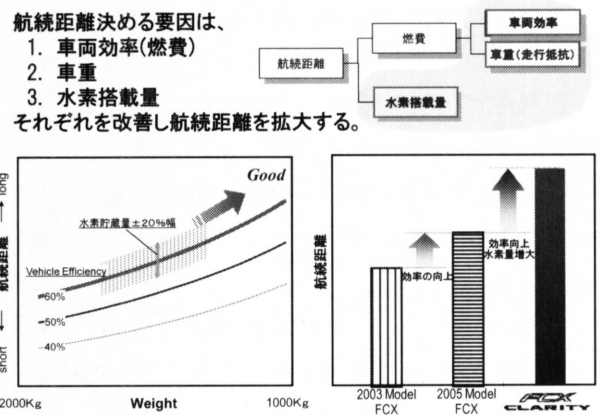


Fig.8 燃費航続距離の進化

⑤ 水素ステーション(インフラ)

燃料電池車の普及に向けては同時に燃料を充填する水素インフラの整備が不可欠であり、水素ステーションの設置を戦略的に行う必要がある。現在、普及に向けてのデモンストレーションが行われているが、ステーションの安全や構成する機器の基準・標準の国際調和への取り

組みや、規制緩和・補助をはじめとした制度上の優遇措置等の対応が普及を促進する上でも重要である。その意味からも関係企業が協力すると同時に、官民一体となって、普及へ取り組んでいく必要がある。

これらの課題はいずれも解決には時間がかかることから、普及に向けて早期からの着手が必要と考える。

4. Hondaの燃料電池自動車の開発

Hondaは、燃料電池車を究極のクリーン車であると位置づけており、先に述べた社会の要請である3つの課題を同時に解決しようと共に、現在の移動の自由と利便性を確保するために将来必ず必要となる車であると考えている。

Hondaは、燃料電池の基礎研究を1980年代後半より始め、1999年から、実験車両を公開してきている。開発当初は、燃料の選択肢がいくつかあり、水素吸蔵合金をタンクに使用した実験車や液体燃料のメタノールを燃料とした改質システムを車に搭載した実験車を製作した。水素吸蔵合金タンクでは、数百kgものタンク重量となり、メタノール改質器搭載車両は起動に1時間もかかることから、2000年に最も現実的な水素貯蔵方法である高圧水素タンクを採用することとし、FCX-V3に搭載した。この車を基本的なシステム構成として改良を重ね、2002年に世界で初めて燃料電池車の日米同日納車を行った。2004年には、それまで苦手とされていた氷点下での起動を可能とした燃料電池「Honda FCスタック」を搭載した燃料電池車FCXの北海道やアメリカ NY州などの寒冷地地区への納車を開始した。

その後、燃料電池の更なる小型軽量化を行い、センタ

ートンネル内への搭載を可能とすることでセダンパッケージのFCX クラリティを開発し、2008年6月から生産を開始し、7月より北米で、11月より日本で、リース販売を開始した。(Fig. 9, 10)



Fig.10 FCXクラリティ

5. 新型燃料電池車 : FCXクラリティ

Hondaは燃料電池車を単なる環境車と捉えるのではなく、環境性能をベースにクルマとしての走る楽しさと所有するよろこびの実現を目指し、開発に取り組んできた。

燃料電池車の大きな特徴であるパワープラントのレイアウト自由度を突き詰めた新たな領域に着手。これこそが内燃機関のクルマとは違った新しい魅力を生み出すことができると確信し、クルマづくりの発想から既成概念を取り払い、燃料電池車しかできない、燃料電池車だからこそできる、新しい可能性にチャレンジした。

まず、燃料電池スタックの更なる進化に努め、設計的に新たなアイデアを投入することで飛躍的に軽量・コンパクト化・高出力化を遂げたV Flow FCスタックを開発した。その上で、燃料電池システム、駆動モーター、水素タンクなどのコンパクト化を図りながら車のパッケージングを見直すことで、キャビンフォワードの先進的なセダンフォームを実現する画期的なプラットフォームを構築した。(Fig. 11)

これにより、低重心でダイナミックな走りと共に、モーター駆動ならではのダイレクトでどこまでも伸びていく加速感をもたらす、異次元ドライブフィールを実現することが出来た。

さらには、視覚的にも体感的にもこれまでの想像をはるかに超える革新の居住スペースを確保した。



Fig.9 Hondaの燃料電池車開発の歴史

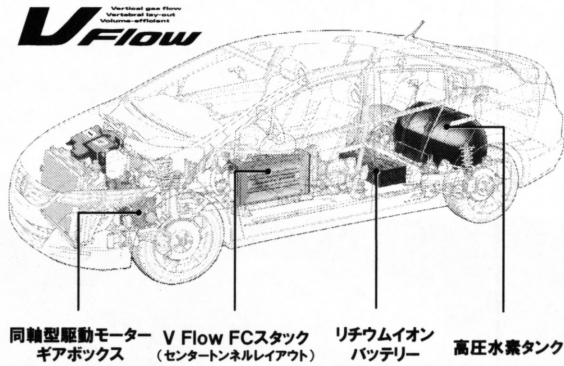


Fig.11 FCXクラリティ透視図

V Flow FCスタック

Hondaは、常に高性能化や実用化に向けて燃料電池車の進化の鍵を握る燃料電池スタックの開発を進めてきている。FCXクラリティでは、セルの構造を革新し、水素と酸素を横方向に流す従来の構造から縦方向へ流す構造のV Flow FCスタック(Fig.12)を新たに開発した。セルの構造を革新し、水素と酸素を横方向に流す従来の構造から縦方向へ流す構造のV Flow FCスタックを新たに開発した。流路構造を波型にすることでその位相差を利用して冷媒を流すと共に、冷却セルを間引くことで、100kWの高出力を達成すると同時に、飛躍的な軽量・コンパクト化(容積出力密度で50%、重量出力密度で67%向上)を実現している。

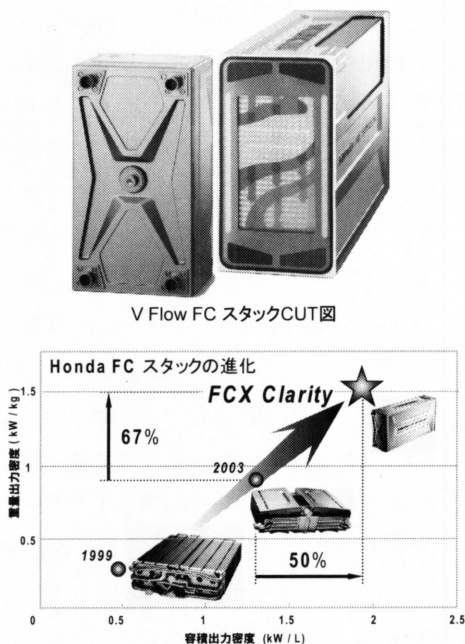


Fig.12 V Flow FCスタック

Fig.12 V Flow FCスタック

同軸型駆動モーター&ギアボックス

Fig.13に示すとおり、力強い加速性能や最高速度の向上、静かで上質な走りを実現するために、モーターのローターを中空にし、その中にドライブシャフトを貫通させてローターとドライブシャフトの同軸化を実現することで前後方向の大幅なコンパクト化を達成した。また、PDUをモーター上部に一体化することで上下方向のコンパクト化も図り、セダンへの搭載を可能とすると共に、オーバーハングの大幅な短縮が可能となり未来感溢れるキャビンフォワードのフォルムを実現に大きく寄与している。

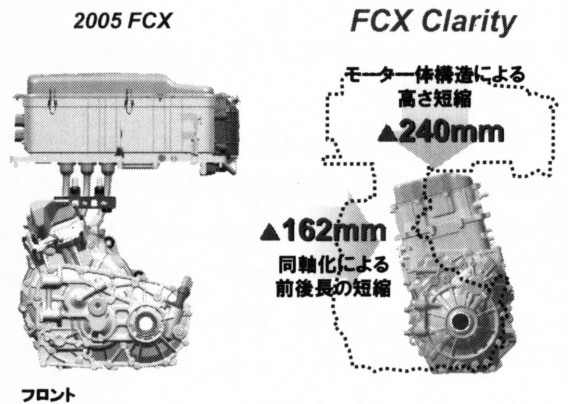


Fig.13 同軸型駆動モーター&ギアボックス

燃費(航続距離)と効率

パワープラントの高効率化や、優れたエネルギーマネジメントなどにより、走行エネルギー効率率は10-15モードで62%、ガソリンハイブリッド車の約2倍という極めて高い効率を実現した。燃費向上とともに水素タンク容量を増やすことで、航続距離は前モデルに対して約30%向上している。(Fig.14)

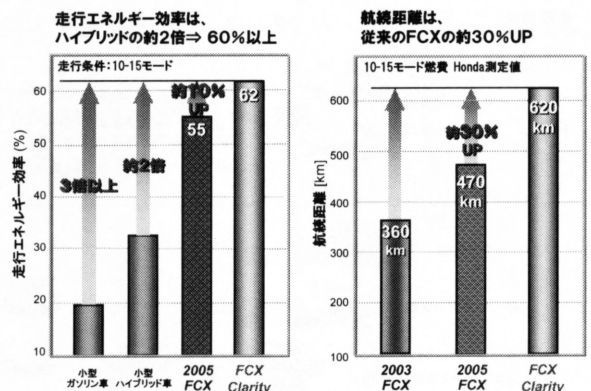


Fig.14 燃費と航続距離

6. インフラの研究

Hondaは、燃料電池車の開発を行うと同時に、小規模な水素製造の研究も行っている。

一つは、自然エネルギーである太陽光からソーラーパネルで電気を作り、この電気で水を電気分解して水素を作る方法で、エネルギー製造過程から車両の走行まで、一切、CO₂を出さない循環型エネルギーが可能となる。

もう一つは、天然ガスを改質し、電気と熱を家庭に供給(給湯)し、同時に水素を車両に充填するシステムであり、省エネルギーの観点からテストを行っている。

どちらも、アメリカ・ロサンゼルス近郊にある研究所にて、来るべき水素エネルギー社会に向けて、先行研究という位置づけで、課題の抽出を目的に実証試験を行っている。(Fig.15)

と考えており、クラリティで一つの回答が出せたと考えている。

参考文献

- (1) 守谷 隆史:ホンダにおける燃料電池車の開発と新型燃料電池車 OHM 2009 Jan、
- (2) 守谷 隆史:FCV開発の現状と展望 エネルギーレビュー 2008年3月号

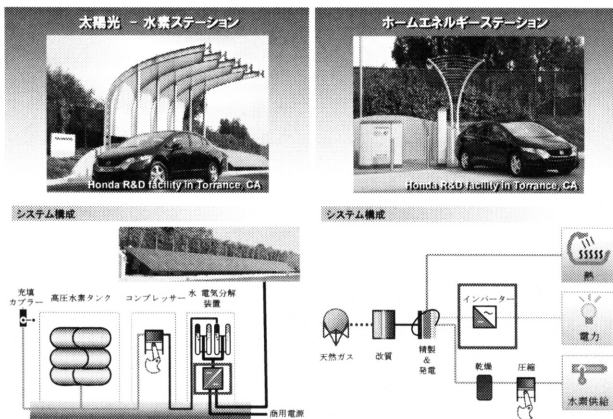


Fig. 15 小型水素供給システムの研究

7. おわりに

近年、燃料電池技術の進化は目覚しく、低温起動が-30℃まで可能となり、航続距離が500kmを超える車両も複数出てきており、ガソリン車との性能隔たりが、次第に少なくなっている。しかし、課題の項目で述べた様に、普及に向けては耐久性向上やコスト低減などまだまだ超えなければならない壁があることも認識している。また、インフラ整備などは官民で協調した活動も必要であり、今後、出来るだけ早い時期の普及を目指して積極的に取り組んでいく所存である。

Hondaは、普及に向けては、燃料電池車が単なるクリーンな移動体(環境車)というだけではなく、燃料電池車だからこそできる魅力的なクルマにすることが必要である