

本田における燃料電池車 (FCX-V3) の開発

守谷 隆史

(株)本田技術研究所 栃木研究所

321-3393 栃木県芳賀郡芳賀町下高根沢 4630 番地

Fuel Cell Vehicle (FCX-V3) Development of Honda

Takashi MORIYA

Honda R&D Co.,Ltd. Tochigi R&D Center

4630 Shimotakanezawa Haga-machi Haga-gun Tochigi 321-3393

This report reviews the concept of Honda fuel cell vehicle development, as well as the recent status and trend of the technology developments. The emphasis is placed on the introduction of the Honda FCX-V3, which is developed for California Fuel Cell Partnership test program planned to be started in November this year.

Key words: Fuel cell vehicle, California Fuel Cell Partnership

1. 緒言

本稿では、ホンダの燃料電池車開発の考え方と最近の開発状況について動向も交えて解説する。この中では特に本年 11 月より始まるカリフォルニア F C パートナーシップに向けて開発した FCX-V3 についてその特徴を解説する。

2. 燃料電池車開発の背景

現在の環境問題に対する認識としては、人体に直接影響を与える排気ガスエミッションの問題が顕在化しており、続いて地球温暖化の原因とされる CO2 削減問題が顕在化し、その後エネルギー問題が顕在化するものと予想される。(Fig1) 燃料電池車はこれらの全ての課題に対して対応し得る技術と位置付けられる。その意味から燃料電池車の目標としては、究極の高効率とクリーンを目指す必要がある。短期的にはガソリンエンジンやハイブリッドの排気ガスクリーン化、効率向上を行い中長期的には燃料電池車に繋いで行くことが重要である。

水素は長期的に見た場合に、再生可能であり

持続可能である点から最も優れた燃料である。しかし、インフラ整備等の課題も大きく、長期的な燃料として位置付けられる。繋ぎとしてはメタノールや炭化水素系の燃料の改質システムが考えられるが、現在の状況は始動時間や過渡応答性等に課題が大きい。いずれにせよ、将来の燃料に関してはこれから十分な議論を行なっていく必要がある。その際のキーワードは「持続可能な燃料」ということになると考えている。今後の議論に向けて、2000年11月よりU S のカリフォルニアで大規模な実験が始められた。

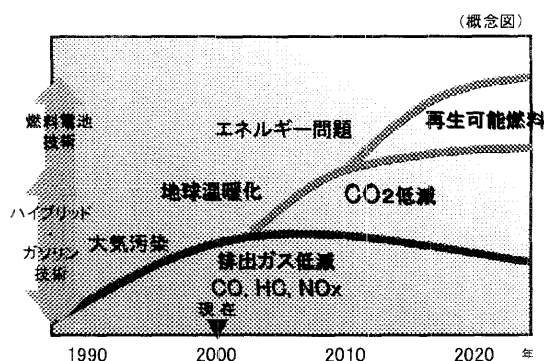


Fig1 環境問題と取組み

3. California Fuel Cell Partnership

California Fuel Cell Partnership (以下CaFCP)とはUSのカリフォルニア州の州都であるサクラメントでCARB(カリフォルニア大気資源局)を始めとする官と自動車会社8社(11月1日にGM、トヨタが参加を表明した)、石油会社3社等の民間企業が共同で行う燃料電池車の公道実験プログラムである。参加企業は世界中の名立たる自動車メーカーと、石油メジャーが参加した事になり、この中での燃料選択や、燃料電池自動車の将来の普及に向けての議論が注目される所である。(Fig2)

CaFCPの目的は大きく分けて4つあり、

- ①燃料電池自動車技術の公道デモンストレーション
- ②燃料インフラの可能性の検討
- ③実用化に向けた問題点の顕在化と解決策の検討
- ④一般市民への認知度を高める

という事になっている。

2000年から2001年までは水素燃料でのフリート実験が行われ、2002年から2003年にはそれに加えてメタノールやその他の炭化水素系の改質燃料も加わった実験となる予定である。

現在、官庁関係ではCARB、CEC(California Energy Committee), SCAQMD(South Coast Air Quality District), DOE(Department of Energy), DOT(Department of Transportation)が参加しており、自動車会社はホンダ、Daimler Chrysler, Ford, VW, 日産、現代、GM、トヨタの8社、石油会社はBP-Amoco, Texaco, Shellの3社と燃料電池会社としてBallardとIFCが参加している。

11月1日にOpeningイベントが開催され、この折には公道での4時間に渡る試乗会が催され、多くの参加試乗車が途中棄権する中で、HondaのFCX-V3は最後まで完走することが出来た。また加速、減速等のドライバビリティや、静粛性等においても非常に高い評価を得る事が出来た。フリート用の燃料としては高圧水素が中心である。燃料供給に関しても、充填口の規格

化も含めて課題の抽出がなされるものと期待されている。今後このフリートから得られる実験結果を開発にフィードバックしていくことで、開発の加速を図れるものと考えている。

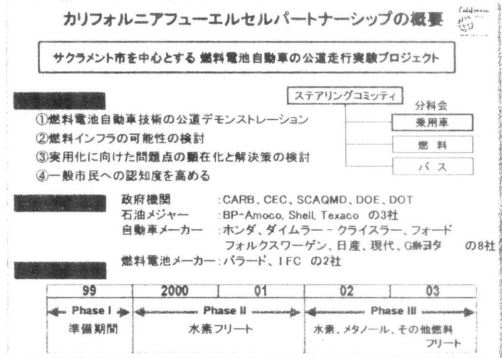


Fig2 California Fuel Cell Partnership 概要

4. Honda FCX-V3の概要

Fig3にHondaが開発した純水素燃料電池車FCX-V3を示す。



Fig3 Honda FCX-V3

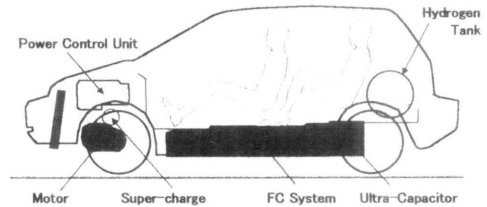


Fig4 パッケージング L/O

この車は、昨年公開したFCX-V1, V2を進化させたもので、V1, V2では後部座席はシステムで占有されており、2人乗りであったが、V3では4人がゆっくりと乗れる様になっている。(Fig4) 車の出力は60KWであり、ベース車であるホンダEV-PLUSよりも10KW程度出力UPしている。燃料電池スタックはBallard社製のものを搭載しており、最大出力は62KWである。燃料である水素は25Mpa (3600psi) の高圧タンクに貯蔵され、加湿された後にスタックに供給される。水素は循環系を組んでおり、全ての水素を有効に使う様なシステムとなっている。空気系は、リショルムタイプのコンプレッサーにより加圧されインタークーラーで温度調整を行った後に加湿されスタックに供給される。コンプレッサーについては音発生源となる為、レゾネーター等で音を低減する技術を投入し、静粛性を高めることが出来た。FCX-V3ではFCとキャパシターを組合せたシステムとし、パワーアシストとエネルギー回生を行い、動力性能の確保と高効率を行っている。駆動モーターは、EV-PLUSをベースに新たに開したモーターであり、EV-PLUSに対して約20%の小型・軽量化を行うと共に、出力は60KWに向上させ、効率も向上させている。また、これらを駆動する為のPCUも小型化し、パッケージングL/Oに大きく寄与している。

● 完成車性能		● パワープラント主要コンポーネント	
モーター 最高出力	60 kW	燃料電池	バラード社製
モーター 最大トルク	238 Nm	水素搭載方式	100 L / 250気圧 高圧水素タンク
最高速	130 km/h	エネルギー ストレージ	ホンダ ウルトラキャパシタ
航続距離	180 km (110 mile) @LA4モード	● その他	
		車両重量	1,750 kg

Fig5 FCX-V3 主要諸元表

5. 燃料電池スタック

FCX-V3ではBallard製の燃料電池スタックを搭載しており、その出力は62KWである。

ホンダ内部でも自前のスタック開発を併行して行っており、基本的に共通のシステムで搭載可能である。CaFCPでは両方の車でフリート走行を行い、その中から公道における様々な課題の抽出を行っていかうと考えている。特にスタックにおいては、公道での空気質に関わるコンタミ等の課題や、振動の影響等に対して実走行でそのデータを蓄積する事が重要であり、耐久性の評価や台上での濃縮テストの考え方を含めてCaFCPで走る事からのフィードバックが期待出来る。

ホンダでは、スタックの内部での現象を把握し、最適なシステム構築を行うことが出来る様にMEAの設計から製作上のプロセス技術等について研究開発を行っている。また、セパレーターについてもより低コストで性能の高いセパレーター材料について生産性も考慮した形で研究開発を行っている。このスタックの出力はほぼ今回のBallardスタックと同等のものとなっており、近いうちにこれを搭載した車を製作し、CaFCPにてフリート実験に参加する予定である。

6. エネルギーマネージメント

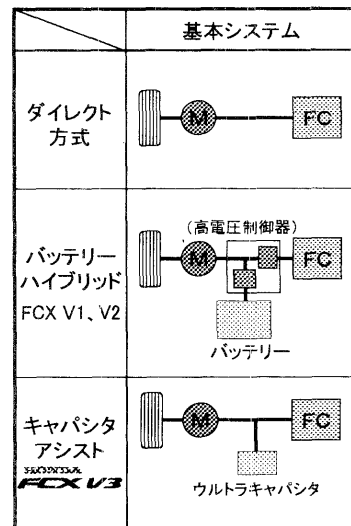


Fig6 各種システム比較

FCX-V3ではFCとキャパシターを組合せたシステムとしている。一般的なFCVのシステムをFig6に示す。FCのみで全てを賄うダイレクトタイプと、バッテリーとの組み合わせたハイブリッドタイプがあるが、キャパシターの場合は、FCの応答遅れに対してパワーアシストすると共に、燃費に効果の大きいエネルギー回生を行う。この場合のバッテリーとの大きな違いは、キャパシターの場合は、そのI-V特性より、FCと非常に良い相性を持っており、電圧の制御を特別に高電圧の制御装置を用いる事無く、自動的にFCの動きに追随するという特徴を持っている。それゆえに、バッテリーの場合に必要な高電圧制御器の所で発生する損失が無く、高効率なエネルギーマネージメントが実現できている。

過渡時に関しては、加速時に先ずはキャパシターが出力し、その後FCが出力する。出力をアシストすると共に、FCの発電状態を極端に変化させない事で電極の保護にも効果が予想される。また、走行状態のチャート上から加速から減速までの動きを見てみると、減速後の状態は最初の電圧状態に戻っており、特別の制御をせずに直結させるだけで十分初期の目的を達成出来ることが実証されているのがわかる。また、車への搭載を考えると、高電圧を制御する装置はその大きさ、重さから見て非常に不利である。したがって、究極の高効率を追求する目的で考えるとFC+キャパシターの組合せは、非常に有効なシステムであるといえる。

現状のFCX-V3の熱効率は、モード走行に必要なエネルギーを投入された水素のエネルギーで割ったものと定義した場合、約40%という高い値を出している。これは現在の内燃機関の2倍から3倍に達しており、FCX-V3に搭載されたFC+キャパシターシステムが非常に高効率である事が実証された。ちなみに同一条件でのFCのみのシステムとバッテリーとのハイブリッドシステムと比較した場合、キャパシターシステムが優れていることが検証された。

7. 水素貯蔵技術

水素貯蔵方法には、現在取り得る手法は液体水素タンク、高圧水素タンク、水素吸蔵合金の3種類が挙げられる。

水素貯蔵技術		容積	重量	充填時間	課題
液体・高圧・合金	液体水素	△	○	○	●製造時の効率 ●BOG(蒸発ガス)
	高圧ガス水素	△	○	○	
	水素貯蔵合金	○	×	×	●水素貯蔵能力 ●熱マネージメント要

Fig7 水素貯蔵技術比較

Fig7に其々の技術の特徴と課題を示す。液体水素タンクは、車としての航続距離確保には非常に有効な技術である。但し、課題としては、液化時のエネルギー消費が大きい事と、-253℃という極低温という事に対する安全上の認知と、技術的にはタンクのB.O.G. (Boil Off Gas) 発生を如何に押えるかという事が挙げられる。また、水素吸蔵合金に関してはV1にて採用したが、吸蔵合金素のものの重量当りの吸蔵量が少なく、非常に重いものになってしまっている。現状は重量当りで約1~2%程度の吸蔵量であり、車両搭載を考えると4~5%程度は必要である。WE-NETでは3%を目指して開発中であるが、なかなか良い合金が無いという状況である。また、水素の出し入れに熱マネージメントが必要であり、システムが煩雑になってしまうという課題もあり、車としての制御も難しくなってしまう。更にリフューエリングに関しても水素の充填時間が数10分かかるといった課題もあり、更なる技術革新が必要である。

高圧ガスの貯蔵については、既にCNG車で経験済みであり、安全性についてもCNG車の知見を活かすると共に、充填時間も数分で済むことから、1充填での航続距離が短い点を除けば現時点では最も現実的な選択である。また、圧力については現状25Mpa (3600psi) であるが、USでは更なる高圧化が検討されており、35Mpa (5000psi) での貯蔵が可能となりつつある。

車両搭載上ではタンク形状が限定されることから、パッケージングが難しいが、V3ではCNGタンクを流用し、100Lの容積を確保している。これによりLA4モードで1充填当り約180kmの航続距離を確保している。今後は、パッケージングの工夫により更なるタンク容積の確保を行い、高圧化と共に出来る限りの航続距離確保を行っていく必要がある。

将来に向けては、水素貯蔵技術として革新的な技術開発が必要であり、カーボン系の貯蔵技術や、ケミカルハイドライド等のより貯蔵効率の良い材料の開発が望まれている。水素貯蔵技術に関しては、車載用のみならず、スタンドでもその貯蔵方法、容積等を考慮すると非常に大きな要求があると認識している。水素の運搬に関しても同様の要求がなされており、水素貯蔵技術の革新的な開発はインフラ整備、車体への搭載ともに最も重要な技術である。

8. 今後の課題

FCX-V3はあくまで開発途上のテスト車であり、今後の課題としては、氷点以下での始動性を確保するシステム開発や、更なる航続距離の向上が必要と考えている。低温時の始動に対しては、燃料電池スタックそのものの発電は可能であるが、システムとしての氷結を防ぐシステムが必要であり、暖機、保温システムを投入する予定である。また、航続距離に対しては、高圧ガス貯蔵の場合は、更なる高圧化が必要であり、35Mpa化すると共に搭載容量を確保できるパッケージングの検討が必要となる。

F C Vの信頼性、安全性の確保については、CaFCPにおけるフリート実験等も含めて、実際の使われ勝手と、単体での評価を平行に進め、その関係についても明らかにしていく必要がある。更に衝突実験も安全性確保のためには必須であり、今後燃料電池自動車のパッケージング技術についてもこれらの知見を元に進化していくものと考えている。

これらの技術的な課題に加えて、将来の主要技術としての持続的な発展を実現する為には、

コストの削減も大きな技術課題の一つである。現在、多くの自動車メーカーはこの技術の研究開発のために莫大な費用を投じていると言われている。しかし、将来の本命技術と位置付けられるためには、現在の内燃機関に互するコストポテンシャルを持っている事が必要不可欠である。新しい技術故に、現時点の試作コストで論ずる事は出来ないが、ここ数年の間にはこのコスト的な解析も実証していくことが重要である。

9. 結論

本田のFCX-V3は、FC+キャパシターの組合せにより、過渡特性に優れ、極めて高効率な車であることが実証された。しかし、将来の普及を考えると、現在の燃料電池システムは、大きくて重いものであり、F C スタックのみならず周辺の制御デバイス系も含めて、小型軽量化を推進して行く事が必要である。車としての使い勝手、スペースユーティリティを確保し、現在の内燃機関を搭載した車との比較において、総合的なユーザーメリットを出せるまでには、まだまだ超えなければならない技術課題が山積している。

社会環境的に見ても、燃料選択やインフラ整備の課題がF C V開発の進捗とリンクした形で議論されて行くものと思われる。CaFCPはその意味からも、F C Vの開発を加速すると共に、具体的な実験走行から得られる知見をその議論にフィードバックしていく良い機会であると認識している。

本田は、今後もCaFCPでの実走行試験も含めて、現状の課題解決に向けた取組みを強化し、競争力の高いF C Vの開発に取り組んで行く所存である。