

燃料電池自動車実証研究の意義と活動^{*1}

Significance and Activity of FCV Demonstration Project

岩瀬 孝邦^{*2}

Takakuni IWASE

1. はじめに

日本では2002年5月から燃料電池自動車（以下FCV）および水素の実証試験であるJHFCプロジェクト（Japan Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project）がスタートし、FCVの公道走行データ、台上試験データ、水素ステーションの運用データ等を取得・蓄積し、Well to Wheel効率やCO₂排出量などの客観的なデータを発表している。その一方で、FCVを市場に導入するにはまだ課題も多く、普及には時間を要することも明らかとなってきた。その様な中で、実証試験を継続することについて、JHFCでは2007年度に検討を行った。本報では、その結果を報告する。

2. 日本のエネルギー戦略

図1に日本のエネルギー戦略の概要を示す。「エネルギー政策基本法」に基づき、今後約10年間の方針を具現化した「エネルギー基本計画」が約3年のスパンでローリングされている。一方、中長期のエネルギー戦略を検討するものとして、2005年に「2030年のエネルギー需給展望」が発表された。「2030年のエネルギー需給展望」を受けて、エネルギー安全保障を核とした中長期（～2030年）のエネルギー戦略である「新・国家エネルギー戦略」が2006年に発表された。「新・国家エネルギー戦略」では2030年における数値目標を以下の様に設定している。

- (1) エネルギー効率30%改善(2003年度比)
- (2) 石油依存度47%(2003年度)→40%(2030年度)
運輸部門では、97%(2003年度)→80%(2030年度)

*1 原稿受理 2008年6月12日

*2 (財)日本自動車研究所 FC・EVセンター 主管

(3) 原子力発電比率30～40%

また、2007年には地球温暖化抑止のために2050年までにCO₂排出を全世界で半減することを提唱した「Cool Earth 50」が発表されている。

以上のように、日本の中長期エネルギー戦略は、CO₂排出削減、石油依存度低減が大きな戦略の柱となっていることがわかる。

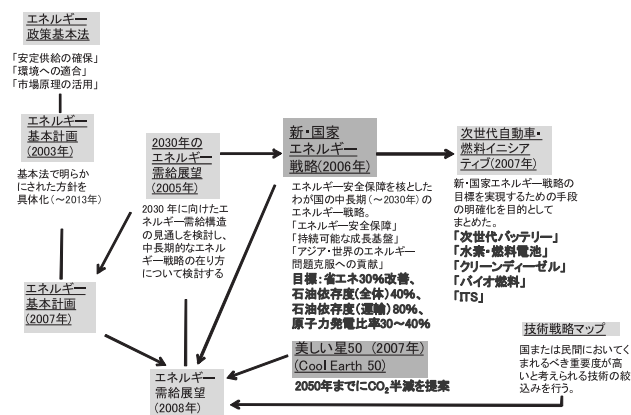


図1 日本のエネルギー政策¹⁾

3. 有効なエネルギーパス

日本のエネルギー戦略の柱であるCO₂排出削減、石油依存度の低減に対し、自動車用燃料としてどのようなエネルギーパスが有効であるのかを図2に示す。

この図ではエネルギーパスを1次エネルギー源、自動車用エネルギー源、自動車に分け、CO₂排出を大きく抑制できるパスについて検討している。1次エネルギー源では、バイオマス・原子力・自然エネルギー（水力、太陽光、風力）がCO₂排出を抑制しつつ、石油依存度を低減できる有力なオプションと言える。

図2 将来の自動車用エネルギーパス¹⁾

自動車用燃料としては、バイオ燃料・水素・電力が有力なオプションと考えられる。水素や電力は、自然エネルギーからだけではなく、化石燃料による製造、発電の際にCCS（CO₂の回収・貯留技術：現在研究段階の技術）を組み合わせることにより、CO₂排出削減が期待できる。

これらをエネルギー源とする自動車がCO₂排出削減に効果がある。バイオ燃料自動車は、走行中にCO₂を排出するが、原料となるバイオマスが大気中のCO₂を吸収していることからトータルのCO₂排出は少ない。バイオ燃料自動車は自動車の技術課題は少ないものの、燃料の供給可能性が懸念される点が課題である。水素、電力をエネルギー源とする自動車は走行時にCO₂を排出しないため、水素製造や発電時のCO₂排出が少ないパスを選択すると、CO₂排出を劇的に削減できる。ただしFCVや電気自動車は、実用化までの技術的課題やインフラ課題が多いため、産官学による取り組みが必要な状況にある。

4. FCV実用化の課題と現状

4.1 FCV技術の課題と現状

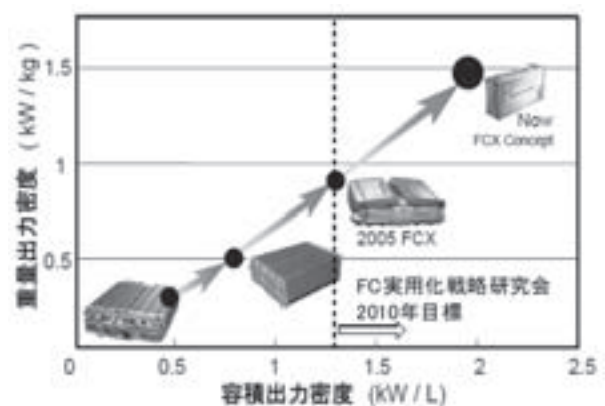
資源エネルギー庁長官の私的研究会として1999年に設置された「燃料電池実用化戦略研究会」が2001年8月に発表した普及時における目標値を表1に示す。この数値は、NEDOのロードマップにおいても同等の目標値となっている。NEDOのロー

ドマップではこれに加えて、FCの作動温度も目標値に加わっている。

表1 燃料電池実用化戦略研究会による目標値¹⁾

項目	目標値(2010年)
FCスタック出力密度	1.3kW/L以上
FCスタック耐久性	5000時間以上 起動停止3~6万回/10年
スタックコスト	4000円/kW以下
車両効率	60%程度
水素貯蔵(航続距離)	車載水素量5kg以上 航続距離500km以上

これらの目標に対し、各自動車メーカーでは開発を進めて、いくつかの項目は実用レベルに近づいた。図3はホンダの発表資料であるが、FCスタックの小型化が進み、戦略研の目標値を超えていることを示している。図4はトヨタの発表資料をベースに作成した航続距離のグラフであるが、水素貯蔵圧力の70MPa化とFCシステム効率の改善により、500kmを大幅に超える航続距離を得ている。また、作動温度の目標のひとつである氷点下での始動性においても、複数の会社で始動可能となった報告がされている。以上のようにいくつかの課題が実用化に近づいてきたため、近年の課題は耐久・信頼性向上とコスト低減の両立に絞られつつある。

図3 スタック小型化の経緯¹⁾
(ホンダ提供資料に加筆)

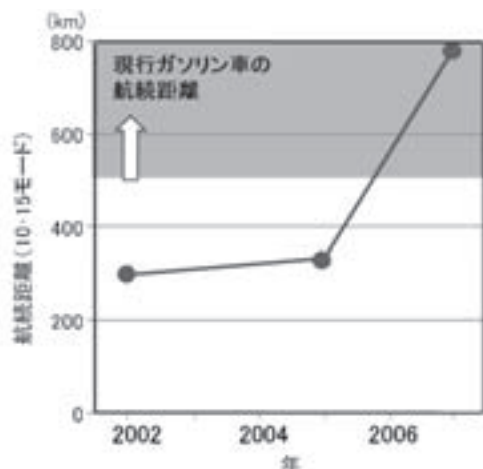
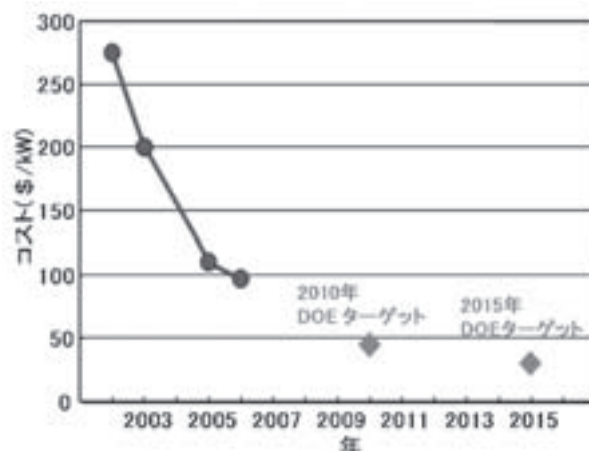
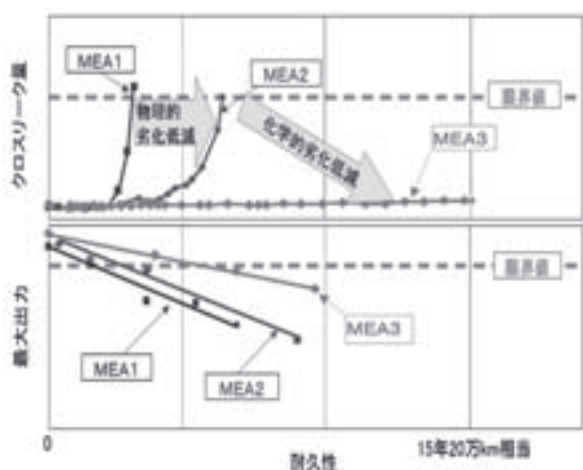
図4 航続距離の推移¹⁾図6 FCシステムコスト^{1), 2)}

図5はスタックの耐久性に関するトヨタの講演資料である。MEA1からMEA3は世代を表しているものではないとの事であるが、スタックの課題であるクロスリークがMEA1→MEA2→MEA3と大幅に改善されている（グラフ上段）。その一方で、劣化による最大出力の低下は、MEA3でも目標レベルに対してのギャップは大きく、更なる改善が必要であることが示されている（グラフ下段）。図6はDOEで報告されているFCシステムコストである。年間に50万台生産した場合のポテンシャルコストを示したものであるが、2006年時点の技術では\$100/kWと推算されている。2015年の目標値は\$40/kWであるため、さらに1/2以下とするようなコスト低減の技術開発が必要であることを示している。

図5 スタック耐久性進化の例
(トヨタ提供資料)

以上のようにFCVの技術課題に関しては、主に自動車会社の技術開発によって多くの面で実用化に近づいてきているが、耐久性とコストの両立の課題が大きく、基礎的な分野を含めた研究開発が進められている状態である。

4.2 インフラ技術の課題と現状

FCVの普及のためには、自動車技術の進展だけではなく、燃料となる水素を供給するためのインフラ技術の進展も必要で、水素の製造、輸送、供給技術が重要である。水素の製造は、大規模な工場で大量に製造し水素ステーションへ輸送する方法（オフサイト）と水素ステーションで各種原料から水素を製造する方法（オンサイト）があるが、どちらにおいてもCO₂排出をできるだけ抑制しながら安価に製造することが重要である。

水素輸送は、オフサイト方式で製造した水素を、水素ステーションへ輸送する技術である。現在の水素輸送は、ガスの状態で約20MPaの高圧で輸送する方法と液体水素にして輸送する方法がとられている。ガスによるトレーラ輸送は、1度に運べる量が少ないため、多くのトレーラが必要となる。また、水素ステーションにそのトレーラを設置する場所も必要となる。一方液体水素として輸送する場合は、1度に輸送できる量が多いものの、水素を液化する際のエネルギーやコストがかかるという課題もある。パイプラインで水素を運ぶことも研究されているが、水素漏れを防ぐ技術や、パイプラインを敷設するコストの課題がある。

水素の供給では、水素ステーションを安価に造るためのステーション機器開発や、安全でかつ安価に運用するためのノウハウ等の蓄積が必要である。

以上のように水素インフラの課題は、安全を確保した上で安価に水素を供給することにある。その水素原価に関してJHFCで推算した結果を表2に示す。この推算は、都市ガスを使用したオンサイト水素製造で、35MPaの圧力での充填を想定したものである。結果は1m³あたりの水素供給原価が110～150円と計算された。ガソリン車が1Lのガソリンで走れる距離をFCVで走行した際の水素原価と比較すると、142～194円に相当する。2008年5月現在のレギュラーガソリン価格は約160円であるため、税金（消費税、ガソリン税）を抜いた額は約99円となり、水素はその1.5倍～2倍の原価ということになる。これを下げていくための技術の積み上げが普及のためには必要ということになる。

表2 水素推算原価¹⁾

単位	水素供給原価
1kg当たり	1236～1656円
1m ³ 当たり	110～147.4円
ガソリン1L相当(税抜き)	145～194円

前提 35MPaステーション都市ガス改質方式(300 m³/h規模)
 建設費(2005年建設):6億円
 償却年数:5～10年
 都市ガス価格(A社契約平均単価):54.3円/m³
 FCVのガソリンベース車およびベース相当車の平均燃費
 (10～15モード):11.7km/L
 FCVの燃費を100km/kg-H₂として計算

4.3 社会的課題

以上のようにFCV普及のためには、自動車の技術課題とともにインフラの技術課題を進展させる必要があるが、さらに基準・標準の整備や、インフラ導入を容易とするような規制の緩和などの社会的課題への対応も必要である。すでに日本政府は2005年3月の時点で、FCVの初期導入の際に必要なと考えられる「6法律28項目の規制の見直し」を完了した。とはいうものの、自動車・インフラともコスト低減を課題として掲げている中で、使用可能な材料を拡大することや、試験方法の最適化、水素ステーションの高圧機器の設置規制の緩和など、安全性を確認した上でコスト低減につながる規制の見直しを進めていくことも重要である。

5. 実証試験の意義について

5.1 実証試験の役割

自動車の普及のために、自動車会社において様々な信頼性の確認が行われている。自動車会社は、シャシダイナモメータや、テストコースを独自に所有し、市場を想定した試験を行っている。しかしながら、実際の市場で起こる現象を100%再現できてはいないため、公道走行や第3者使用によるデータの蓄積が必要である。FCVを公道走行させるためには、その燃料となる水素を供給する水素ステーションの整備・維持・運営を行う実証試験が不可欠である。

一方インフラ機器メーカーやエネルギー供給企業から見ると、水素ステーションに必要な機器の技術開発の促進、運用ノウハウの蓄積、標準化・信頼性確保に資するデータの蓄積が進む。

5.2 JHFCプロジェクト

FCVの普及を目指し、日本ではJHFCプロジェクトが行われている。JHFCプロジェクトは経済産業省が実施している「燃料電池システム等実証研究」補助事業に含まれる「燃料電池自動車等実証研究」と「水素インフラ等実証研究」の2本の柱で構成されるプロジェクトである。JHFCプロジェクトでは主に、各種原料からの水素製造方法、現実の使用条件下でのFCVの性能、環境特性、エネルギー総合効率や安全性に関する基礎データの収集・共有化などを行っている。JHFCプロジェクトは2002年度から2005年度までの4年間を第1期(JHFC1)、2006年度から2010年度までの5年間を第2期(JHFC2)としている。

JHFC1ではFCVの燃費測定試験や水素ステーションの水素製造効率データ取得を行い、Well to Wheel(原料の採掘から、燃料製造、輸送、貯蔵などを経て自動車走行に至る全てのエネルギー消費を考慮した総合効率)のエネルギー消費やCO₂排出量を明らかにし、FCVのエネルギー効率の高さやCO₂排出の少なさを示した。

現在、JHFCで使用されている水素ステーションは、1基の協賛ステーションを含めると、首都圏で9基、中部地区で1基、関西地区で2基の合計12基となる(図7)。この水素ステーションを利用しているFCV、FCバスは2004年以降50～60台で推移している(図8)。FCVは開発途上であり、新型を

投入する際に旧型と入れ替えていることが多いため、公道を走行している台数はあまり変化していないが、累計では120台以上が登録されている。現在、これらに加え、水素エンジン自動車にもJHFCステーションからの水素供給を行っている。



図7 JHFC水素ステーション¹⁾



図8 FCV (FCバス含む) のJHFC登録状況¹⁾

JHFCではJHFCに参加しているFCVの進化の度合いを示すことも目的としているが、2007年度は燃費性能の進化や低温環境での実用性の進化を示すことができた。

図9はJHFCに参加しているFCVの10・15モード燃費の測定結果を示す。6社のFCVの2004年度の結果と2007年度の結果を比較している。内部のシステムを更新した車両の影響で、2007年度の燃費は2004年度の結果と比較して平均値で10.3%、トップランナでは16.4%の向上が確認された。2007年度のトップランナの燃費は1kgの水素で126.5km走行できるという結果であった。

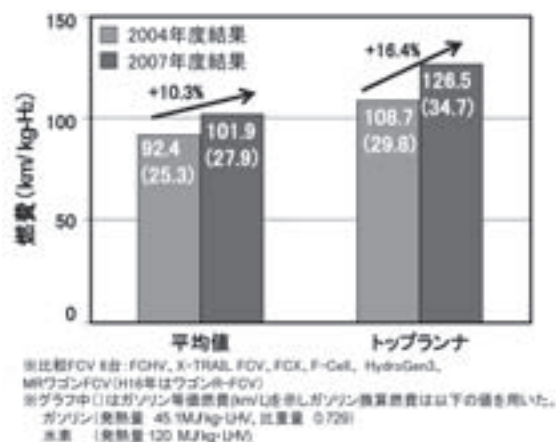


図9 燃費計測結果 (10・15モード)¹⁾

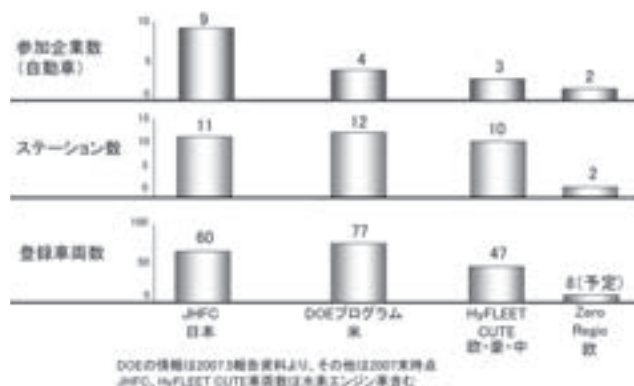
また近年では低温での始動が可能なFCVも発表されていることから、JHFCでは2月の札幌で低温起動試験のデモを実施し、マイナス10℃で夜間放置した車両で、問題なく始動・走行できることを確認した。

5.3 海外の実証試験

海外の実証試験は主に米国と欧州で行われている。米国ではCaFCP (California Fuel Cell Partnership) とDOEによるDOE Learning Demonstrationが大きなプログラムである。CaFCPは世界に先駆けて公道走行の機会を提供し、実使用での経験・知見を蓄積するとともに、広報・啓発活動を熱心に行っているが、系統的なデータの取得は特に行っていない。一方DOEのプログラムは実施企業に対する多くの補助を出し、膨大な車両技術情報をDOEに提出している。

欧州ではLighthouse Projectが行われている。このプロジェクトは、バスの実証を行うHyFLEET: CUTE, 乗用車の実証を行うZero-Regio, 小型車両の実証を行うHyCHAIN, それらをマネジメント・分析する組織HyLightsより構成される。実施企業に対する補助の割合や、提出するデータに関しては、正確な情報が伝わってきていない。

これらの実証試験と、JHFCとを比較したものを図10に示す。図10では実施自動車会社数、水素ステーション数、登録車両数を比較したものであるが、ステーション設置数、登録車両台数は、JHFCとDOE実証プログラムとではほぼ同等であり、参加している自動車会社数はJHFCが多いという特徴があることが示された。

図10 海外の実証試験とJHFCの比較¹⁾

5.4 実証試験継続の意義

5.3項で紹介したように、FCV実用化のために各国・地域で実証試験が行われているが、いつFCVが実用化されるのかが重大な関心事であろう。

4.1項でも述べたように、FCVの技術は確実に進歩してきているが、量産に移行するには耐久性とコストの課題があるため、その課題解決に向けた研究開発が進められている。このFCVの実用化に関し、民間企業および関係団体より構成される燃料電池実用化推進協議会（FCCJ）がシナリオを検討しており、そのシナリオを示している（図11）。このシナリオでは、2010年までは現在のJHFCで行われているような技術実証の期間、2010～2015年は技術実証に加え社会実証の期間、2016以降を普及初期としている。2010～2015年の技術実証+社会実証の期間に、FCVのコスト・耐久性の課題に目処をつけるとともに、商用規模の水素ステーションの事業性やFCVユーザの利便性の見極め等を行い、2015年にFCV事業化を決断するというシナリオとしている。日本の主要な自動車メーカーも2015年の決断に向け、開発を進めることを表明している。



以上のように、FCVの事業化判断にはまだまだ時間を要する状況にある。その中で、実証試験を継続する意義はどこにあるのか。先にも述べたように、2015年に自動車メーカーがFCV事業化を決断した場合、その数年後にはラインで生産した大量のFCVを市場に投入することとなる。FCVが大量に市場に出回る前にはある程度の数のステーションが整備されていなければならない。そのためにはそれに先立ち商用規模のステーションを整備できるように技術的・社会的課題が解決されている必要がある。このように、ステーションの課題は、FCVの課題解決に先駆けて進めなければならない。このようなインフラ整備に向けた課題は、個別の企業で取り組むのが難しく、国による戦略的な支援が必要である。今、実証試験を継続することは、FCV事業化を2015年に決断することに大きく影響する。FCVの実用化に時間を要するこの状況は、関連する企業での開発環境に影響を与えることになるが、確固たる推進政策のもとに実証試験等の技術開発支援を維持することによって、関連企業における継続的な技術開発を可能とし、日本の競争力確保につながると考えられる。

参考文献

- 1) (財)日本自動車研究所, (財)エンジニアリング振興協会: 平成19年度JHFCセミナー (第6回) テキスト (2008.3)
- 2) DOE: DOE Hydrogen Program Annual Merit Review Meeting, Project ID#FC27, (2007.3)