

## 燃料電池自動車を取り巻く欧米動向調査報告<sup>\*1</sup>

A Survey Report on Policies and Technologies on FCVs in Europe & the USA

丹下 昭二<sup>\*2</sup>  
Shoji TANGE

平成19年度のFCV技術動向調査として、欧米におけるFC、FCV及び水素インフラに関する政策動向、FCV実証試験などの動向調査に重点をおき、2007年10月末から11月初めに実施した。

今回の調査対象のうち、米国エネルギー省(DOE)へは、米国のRD&D政策のフォローアップのためにほぼ毎年訪問している。ドイツ政府については、初めての訪問であったが、2006年7月に新たにドイツとして水素・燃料電池に関するプロジェクトを立ち上げたので、その内容を把握するため、またDaimlerとGMは、4年振りにその後のFCVへの取り組み状況を把握するために各々訪問した。本調査報告は、以上の訪問先の調査結果をまとめたものである。

### 1. ドイツ連邦交通建設住宅省(ドイツ、ベルリン)

ドイツにおいて、エネルギー政策、交通政策を管轄している連邦交通建設住宅省(BMVBW)を訪問した。ドイツのエネルギー・燃料政策としては、①国家燃料政策②バイオ燃料政策③ハイブリッド車、電気自動車に関する政策がある。

①の国家燃料戦略として、図1を策定した。

②に関しては、ドイツのバイオ燃料は、EUと同じく2015年までに燃料市場シェアの8%を達成させることを目標としており、第2世代バイオ燃料(BTL、セルロース系エターノール)に期待している。

③については、2007年8月に「包括的エネルギー・気候変動プログラム」が採択され、29の工

エネルギー・気候変動政策によって、2020年までにCO<sub>2</sub>排出量を40%削減する。具体的な政策に関する議論が現在、行われているところであり、この中に交通の電動化(ハイブリッド化やEV)も含まれている。

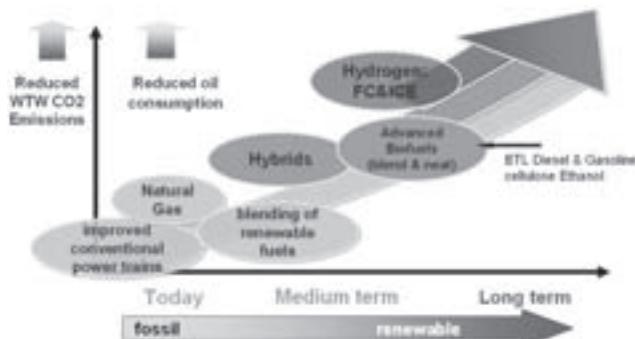


図1 ドイツの国家燃料戦略のロードマップ  
(ドイツ連邦交通建設住宅省プレゼン資料)

2006年7月に新しく立ち上げられたドイツ水素・燃料電池技術革新プログラム(NIP)は、ドイツで最初の省間連携プログラムで、連邦交通建設住宅省(BMVBW)を核に、経済技術省(BMWi)、環境省(BMU)、教育省(BMBF)の4省が参画している。政府と民間が10年間で50%ずつ(5億ユーロずつ、合計で10億ユーロ)を負担するもので、10年後の2015年の水素・燃料電池アプリケーションの商業化に備える。プログラムは、水素の製造、輸送から利用、インフラ整備までのあらゆる局面を含んでおり、水素・燃料電池の技術開発とデモンストレーションに注力する。対象の分野としては、自動車用FC、家庭向け定置用FC、商業向け定置用FC、特殊市場向けFCであるが、このうち予算は、自動車分野が55%と最も

\*1 原稿受理 2008年5月26日

\*2 (財)日本自動車研究所 FC・EVセンター

大きい。各々の分野におけるロードマップも作成された。本プログラム策定のため、日本の水素・燃料電池政策を大いに参考にしたとのこと。この内、自動車用FCのデモンストレーションについては、CEP (Clean Energy Partnership), Hy FLEET : CUTE, Zero-Regioが中心となる。2007年終了予定であったCEPは、Phase2, Phase3として2015年まで継続される。現在ベルリンに3基目の水素ステーションがShellにより建設されている。なお、CEP参加の実証車両には、補助金が出ていないため、データの提供はされていない。

このようにドイツは、EUのFP7に参画しつつ、ドイツ独自にプロジェクトを立ち上げ、長期的な視野に立って、水素・燃料電池の技術開発に取り組み始めた。Daimlerは、EUの取り組み遅れに対する危機感から強力にドイツ政府に働きかけたのではないかと思われる。世界の趨勢として電動車両が今後の重要なオプションとなると考えると、せっかくDaimlerが技術的に先行したのに、EU全体では基礎研究という段階で具体性がない現状のままでは実証面で遅れてしまうので、Daimlerの得意分野のFCVを育てる必要性が高いと考え、これを実行するのは、EU全体では無理でドイツ独自にやらざるを得ないということではないだろうか。

予算規模を見ると、ドイツの並々ならぬ決意のほどが窺い知れる。ここにきて、燃料電池自動車と水素自動車を対象として、ドイツ自動車メーカーのDaimler（燃料電池自動車では、世界に先行した）を中心にVW, BMWの方向がやっと合ってきたという見方もできる。しかし、ハイブリッド化(Plug-in-Hybridを含む)での遅れを取り戻すべく、電動化プログラムを立ち上げようとしているが、二次電池メーカーと水素・FC関連会社間にフリクションが生じ、政府は、その調整に苦慮しているようで、しきりに日本の電池関連のプロジェクトやその進め方などに関する情報を入手したい様子であった。

## 2. Daimler (ドイツ, シュツットガルト)

社名がDaimlerChryslerからDaimlerに変わったばかりであるが、Daimlerにおける最近のFCV開発の状況につき、プレゼンを受けた。開発体制としては、FCV開発関係のトップがProf. Kohlerのもと、Dr. Christian Mohrdieckとなった。また、図2のよう

に、Daimlerの考える将来のドライブトレーンが、若干変わったことが、示された。これまで、化石燃料、再生可能エネルギーをベースとして、内燃機関の改良→ハイブリッド→燃料電池であったが、効率の良い内燃機関（ハイブリッドを含む）→代替燃料→FCと二次電池駆動のZEVとなった。すなわちメインストリームの近場にハイブリッドが入り、次いでバイオなどの代替燃料が入り、最終の姿として、FCVだけでなく二次電池駆動のEVが入ったことである。将来を見ると、FCだけでなく二次電池が重要な地位を占めるようになると考えている。

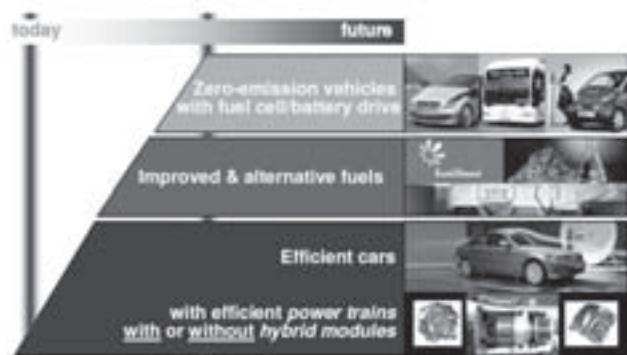


図2 Daimlerのドライブトレイン将来像  
(Daimlerのプレゼン資料)

Daimlerは、HyFLEET : CUTE, Zero-Regio, CEP, DOE, CaFCP, JHFCなど世界のFCV実証試験プロジェクトに参画し、世界で100台のFCV（内バス37台）を試験している。Daimler, Chryslerは、各自別会社となつたが、FCVをDaimlerからChryslerへ供給することになっているというのは、ZEV法上、大変興味深い。EUCARの各種パワートレインのWtWのCO<sub>2</sub>分析結果として、バイオ、風力による水素FCVがBTLのディーゼルより若干低いというデータも示された。なお、FCVの現状における技術課題は日本側とほぼ同じ認識であった。

現状の35MPaでの充填時間は、しばしば3分を超える、完全（95%以上）に充填するのは難しく、70MPaとなると更に状況は厳しくなる。Daimlerの考えとしては、充填圧を35MPaから70MPaに引き上げてかつ、3分以内で充填を完了し、水素タンク温度を85°C以下にするためには、プレクールを導入する必要があり、プレクール導入にあたっては、圧力を精度よくコントロールするための、水素タンクと充填システムのコミュニケーションが

必須というスタンスであった。ドイツの高速道路の長距離ドライブで、はじめてEVとの差別化が可能となるため、ドイツでは70MPaが不可欠とのこと。これはコストUpやエネルギーロスがあっても実在の技術で実現可能ということで、ドイツの自動車メーカーとして70MPaが前提という考え方であろう。

また、フランクフルトに新設された水素ステーション（35MPa, 70MPaの高圧水素及び液体水素供給）やこのステーションに初めて導入されたイオン液体のコンプレッサーについてのプレゼンもあった。水素インフラについては、70MPaステーションの建設、70MPa化への対応では、日本が1年以上、ドイツに遅れているという印象であった。

最後にDaimlerのDr. Christian Mohrdieckから、究極のパワートレインは、排気ガスを出さないゼロエミッションのFCVであること、ハイブリッドも全車種に展開すること、市内ではEVもあるが、航続距離と充電時間の課題解決のための二次電池開発は、まだまだ時間を要すること、ロンドンでスマートEV（ZEBRA電池搭載）100台によるデモ走行に着手したことの紹介が行われた。

### 3. DOE（米国、ワシントンDC）

ブッシュ大統領は、2007年1月の一般教書演説で、新しいイニシアティブとして、ガソリンの使用量を10年以内に20%削減する「20 in 10」を発表した。そのため、燃費効率の向上とバイオ燃料など代替燃料の導入を推進する。

DOEにおける水素・燃料電池関連予算についての説明があった。Hydrogen Fuel Initiativeとして、ブッシュ大統領は、2004～2008年度の5年間の予算として、12億ドルと決めており、2008年度は309Mドルを要求し、その内EERE（Energy Efficiency & Renewable Energy：エネルギー効率・再生可能エネルギー局）は、Hydrogen Programとして、213Mドルである。ここでは、水素貯蔵材料、再生可能エネルギーからの水素の製造・配送技術、FCコンポーネント等の製造技術、耐久性向上技術、コスト低減技術、FCV技術実証、Liイオン電池を含むPHEVなどのR&Dに注力する。また、EEREの車両技術プログラムとして、2008年度は、176Mドル要求しているが、ここでは、PHEV、高エネルギー電池、パワーエレクトロニクス研究に注力し、

PHEVを早期に評価するための試験拡大を行うなどハイブリッド関連への予算が増額されている。

DOEのEEREにおける水素・燃料電池の研究開発における水素製造・輸送、水素貯蔵、燃料電池プログラム、燃料電池コスト分析、基準・標準化活動などについて、説明があった。

引き続き、FCV Demonstration Program（通称：Learning Demonstration）の現状に関する説明があり、Program参加車両は4チームで77台、水素ステーションを14基設置し、参加車両のFC効率は53～58%，航続距離は103～190マイル（2009年の目標は250マイル以上）、耐久性は最大で1,600時間（目標は2,000時間）が得られているという報告があった。また、GMは、2008年1月から70MPaのEquinox FCVを42台、本Learning Demonstrationに提供する計画との話があった。4チーム、4自動車メーカー参加による本プログラムも順調にデータが取得され、参加車両も更に増加する見込みである。なお、DOT主導で8台のFCバスによる実証試験が行われているとの紹介もあった。

次いで、バッテリーにつき、詳しいプレゼンがあった。2008年度の電池R&D予算は、総額41.9Mドルで、内訳として高パワーエネルギー貯蔵41%，PHEV電池開発43%である。

また、PHEV用Liイオンバッテリーの目標も示された。新規にPHEV用バッテリーの研究を募集し、5社が選ばれた。この総額は、38.2Mドル（50：50）で、内28Mドルは、USABCから供与される。5社は、A123 Systems, JohnsonControls-Saft, CPI/LG Chem, EnerDel, 3Mである。更にPHEV用バッテリーのチャレンジングな目標が、提示された。

最後にDOEのEEREとして、「20 in 10」を達成するためにもバイオ燃料、特にセルロース系バイオ燃料（エタノール）につき、積極的に取り組んでいくことが、紹介された。

以上のように、今年のDOEの特徴としては、現状の水素・燃料電池に関するプログラムを推し進めつつ、DOE将来交通のロードマップ（図3参照）にもあるように、水素FCVより先行すると考えられるPHEVのR&D及び二次電池開発、更にはバイオ燃料導入にも力を入れていることが示された。この動きは、日本とEV開発の点で、若干異なるが、大部分呼応していると思われた。

要約するとFCVの技術開発は2015年に向けて変

化はない。他方、PHEVはきわめて重要性を増している。それが逆にFCVのR&Dを無理に加速する必要のないことを反映している。バイオ燃料は米国独自の環境条件では非常に有利なのでこれにも力を入れているので、この点では今後の日本の方針とはかなり違うものになると思われる。

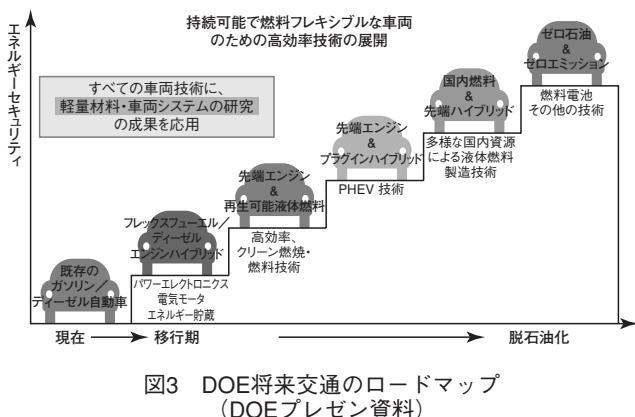


図3 DOE将来交通のロードマップ  
(DOEプレゼン資料)

#### 4. GM（米国、デトロイト）

GM（米国）へは、4年振りであるが、今回は、初めてデトロイトの本社を訪問した。GMの考える次世代自動車技術戦略（世界全体として）が、図4のように示された。将来は、エネルギーの多様化をベースとして、内燃機関と伝導系の改良、PHEVを含むHEV化、次いでバッテリーEV(E-Flex)と水素FCVなどの電動化に向かうというイメージ図である。この将来像は、これまでとは、PHEVやバッテリーEVを明確に入ってきたこと、電動化という点で、FCVとバッテリーEVを同じファミリーと考えていることが、大きく異なる。将来、交通の再生可能エネルギーの利用と車両からのエミッションのゼロ化が究極の姿というスタンスである。

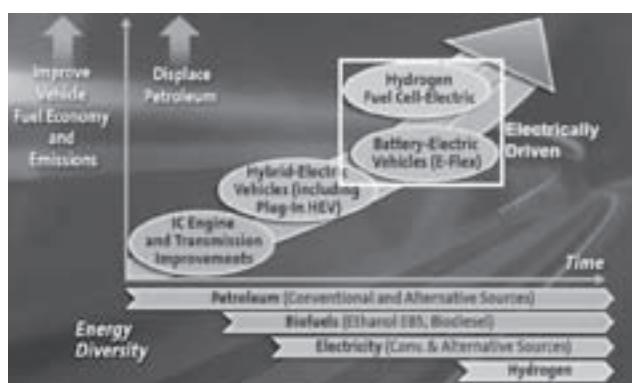


図4 GMの次世代自動車技術戦略  
(GMプレゼン資料)

次いで、2006年9月に発表されたEquinox FCVについての説明があった。本車両は、110台カナダのCAMI工場で生産し、内42台を2008年1月からDOEのデモンストレーションに提供し、ニューヨーク、カリフォルニア、ワシントンDCで運用する計画とのこと。また、GMとして独自のユーザーテストも行うことのこと。「Equinox」は、70MPa対応車であるが、現状では、70MPa対応水素充填ステーションの数が少ないため、GM独自に70MPa対応の水素ステーションをカリフォルニア地域に6基、NYC地域に4基設置を考えている。勿論水素充填ステーションは、本来エネルギー会社の役割と思っている。FCVのコストは、量産できれば低減可能という意見。

更に「E-Flex」についてのプレゼンがあった。「E-Flex」は、電気駆動を基本として、様々なエネルギー源を車載するための共通なプラットフォームである。エネルギーの最終形態は、電気駆動なので、シリーズハイブリッドとなるという考え方であり、シリーズ型ハイブリッド（二次電池+エンジン及び二次電池+燃料電池）の組み合わせではあるが、動力源をバラに用いることはない。PHEVにおけるEV走行マイルは、40マイルを目指しているとのこと。二次電池としては、Liイオン電池をA123 Systems 及びJohnsonControl-Saftと各々共同開発しており、中でもA123 Systemsを有望視している。

GMの考えるFCV普及に至るパスウェイの紹介があった。水素ステーションは、技術開発段階（各社100台程度、4年間）には10ヵ所程度、パイロット段階（各社1,000台程度、3年間）には40ヵ所程度、初期実用化段階（各社1万台、3年間）には、250ヵ所程度が必要との考え。2012年を想定したロスアンゼルス地域へ40ヵ所、NYCメトロ地域へ40ヵ所設置した場合の水素ステーションマップの提示があった。

以上のプレゼンを通じて、GMが本気でFCVにかける意気込みが伝わってきた。自前で70MPaの水素ステーションを設置するというのには、正直驚いた。勿論、背景には、カリフォルニアのZEV法対応があるが、それにしても大変な決意だ。GMは、Daimler同様、水素充填圧は、70MPaと決めている感じであった。

## 5. まとめ

米国、ドイツにおける水素・燃料電池に関する政府予算はいずれも増額されており、その推進体制も拡充強化されてきている。特にドイツは、FP7に参画しつつ、4省連携プログラムとして、長期的な視野のもとドイツ水素・燃料電池技術革新プログラム（NIP）を立ち上げた。積極的にFCV実証試験へ取り組んでいる一方ハイブリッド化、電動化に対する遅れを取り戻すべく、これからプログラムを立ち上げるというところである。

米国におけるFCV実証試験に関しては、DOEのLearning Demonstrationへの参加車両が2008年1月以降大幅に増加の見込みであり、水素インフラも増設される計画である。これは、2009年MY（モデルイヤー）から強化される加州ZEV法への対応でもあり、日本メーカーも米国におけるFCV台数を増加させると予想される。したがって、日本における自動車メーカーのJHFC参加台数が、苦しくなることも予想される。

2008年1月以降、GMは、110台の「Equinox」FCVを導入するにあたり、自前で70MPa水素ステーションを米国内に建設するという。GMが本気でFCVを導入しようと考え出したと考えられる意気込みである。なお、ホンダも2008年秋以降、「FCX Clarity」を米国にリース販売すると発表している。

一方、欧州では、Lighthouse Projectとして、HyFLEET : CUTE, Zero-Regio, HyCHAINプロジェクトが当面2010年まで行われる予定である。ドイツにおけるCEPプロジェクトも拡大・延長される計画なので、欧米における実証試験への参加車両は300台を大きく上回ることになろう。

一方、燃料電池の課題の解決に向けて、FC関連の要素技術、水素貯蔵技術への研究開発も継続されている。DaimlerがBallardを傘下におさめ、自らのFCスタック開発体制を構築しつつあるように、FCVの心臓部は自動車メーカーが自社開発していく流れが一層強まるであろう。

水素インフラについては、欧米でも再生可能エネルギー、特に自然エネルギーからの製造の研究が進むであろう。

以上、5年ほど前に、DOEは産業界が2015年までに商用化の判断ができるようR&Dを進めると表明して以来、FCVの本格導入は日米欧とも2015年と考えられるようになり、FCV実用化の時期は延びたように感じられる。また研究課題も、FCに関わる研究開発は地道に進められているものの、より基礎的・基盤的、要素技術的な方向へシフトしているという印象である。米国では、PHEVがこの1年内にメインストリームとなり、特にDOEを中心として開発プログラムが立ち上がった。今回のDOEプレゼンでは、電池開発プログラムが昨年と最も大きな違いであり、進展である。二次電池の技術開発力では、米国と日本の競争であり、かつ中国、韓国との競争ともなる可能性がある。なお、CO<sub>2</sub>削減に向け、各国ともバイオ燃料への取り組みを強化しているのは、共通であった。

欧米では、FCV実証プロジェクトの計画が長期的に（2015年まで）計画され、水素インフラの技術開発整備にも力が入っている。特にFCVの航続距離確保のために70MPa化は、必須という見方であり、そのための水素ステーション整備では、日本よりも先行している。また、FCV実用化のためには、大幅なコスト低減とともに、FCシステムの耐久性・信頼性確保が不可欠であり、そのためにも現状技術を抜本的に見直し、基礎的研究と技術革新を目指したR&Dに力を注いでいるように思われた。

最後に本調査に参加して多くの情報収集にご協力頂いた調査団参加者に感謝申し上げたい。なお、本報告の詳細は、「平成19年度 欧米における燃料電池自動車の政策動向・技術動向調査報告書（2008年3月、（財）日本自動車研究所編）」を参照されたい。同報告書は、JHFCホームページでも公開をしている。