

トヨタにおける燃料電池バスの開発

大仲 英巳

トヨタ自動車株式会社

〒410-1193 静岡県裾野市御宿1200

Development of Fuel Cell Hybrid Bus(FCHV-BUS)

Hidemi Onaka

Toyota Motor Corporation

1200Misyuku Susono Sizuoka 410-1193

Fuel Cell Vehicle is one of the “ultimate eco-car” that offers solutions to energy and emissions issues. Toyota Motor Corp. also has been developed the fuel cell hybrid bus with HINO Motor Co. Ltd. Fuel cell bus is effective not only to solve environmental issues but also to help being recognized by many numbers of passenger. The FCHV-BUS has nearly two sets of passenger vehicle fuel cell system and seven high pressure hydrogen tanks on the roof. From Aug. 2003, FCHV-BUS was introduced to Tokyo city bus operation until Dec.2004. At Aichi EXPO on 2005,eight improved buses were operated as shuttle bus among the exhibition area. Now, three FCHV-BUS are being operated as ramp buses and city bus at the Centlrair air port area. Many passenger replied the favorite impressions such as silent, smooth-acceleration and no smell.

Keywords: fuel cell, hybrid bus, system configuration, EXPO, silent & smooth acceleration

1. はじめに

燃料電池自動車は究極のエコカーとして注目を浴びており、早期の普及が望まれている。燃料電池および燃料電池自動車の普及に向けた課題やその解決への取り組みは、本誌の「トヨタにおける燃料電池自動車の開発」に記載したので、それを参照いただくとして、ここでは燃料電池バスの開発について紹介する。

トヨタ自動車(株)(以下、トヨタ)では燃料電池車の開発を1992年に着手した。燃料電池バスは日野自動車(株)(以下、日野)と協同で1999年に「FCHV-BUS 1」の開発を開始した。車体をはじめバス固有の分野を日野が担当し、トヨタは燃料電池システムに関する部分を担当するとともに、両社がそれぞれ培ってきたハイブリッド技術および知見やノウハウを活用している。

「FCHV-BUS 2」は、「FCHV-BUS 1」の成果を踏まえ、2001年から開発を開始し、2002年9

月にはバスとして初めての国土交通大臣認定を取得した。翌10月から公道走行テストを実施し、2003年8月から東京都の都営バスとして東京都八重洲口とお台場間の路線を中心に営業走行を実施、その後愛知万博のシャトル運行を経て改良を重ね、現在名称をFCHV-BUSとして中部空港を周辺に路線運行1台と空港内ランプバスとして2台走行している。

2. 燃料電池バスのうれしさ

都市交通用の燃料電池バスは図1に示すような環境面でのうれしさだけでなく、公共機関として多くの方が利用できる点など燃料電池車の普及啓発にも大きな役割を持っている。

その他、普及に重要な課題であるインフラ(水素ステーション)の設置個所が少なく済むため、普及の初期にとって大きな利点である。また、燃料電池バス1台のCO₂

の削減効果は自家用乗用車数十台分相当と大きい。

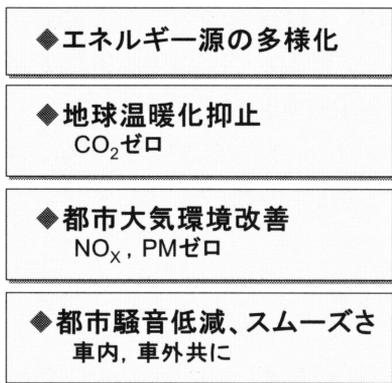


図1. 燃料電池バスのうれしさ

3. FCHV-BUSのシステム

燃料電池の仕組みおよび燃料電池システムについては本誌の「トヨタにおける燃料電池自動車の開発」を参考にさせて頂き、ここではFCHV-BUSのシステムについて紹介する。

高圧水素ガスを燃料とする燃料電池と2次バッテリーの組み合わせのいわゆるハイブリッドシステムが基本構成である。水素を燃料として発電しながら、モーターを駆動して走る電気自動車である。

FCHV-BUSのシステムは「トヨタFCスタック」を2基搭載してある。言い換えれば、乗用車のシステムを2セット用いて、更に加速力などの要求動力性能を満たすために、2次バッテリーを2個追加合計4個用いている。図2にその基本構成を示している。

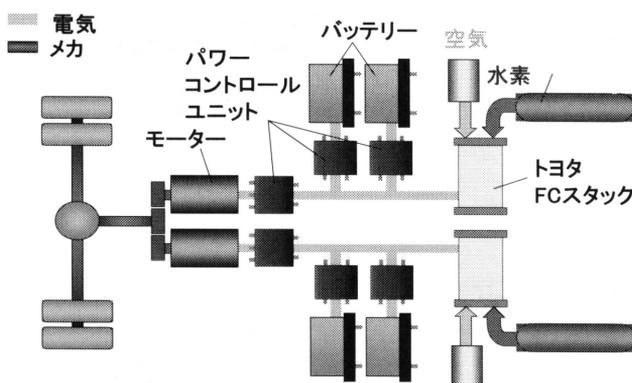


図2. FCHV-BUSシステム基本構成

ハイブリッドシステムは「トヨタFCスタック」「2次バッテリー」「パワーコントロールユニット」からなる電気

システムを2系統もつ構成になっており、それぞれが独立に動作し、相互が協調してモーターを制御する。モーターの出力はギアを介して機械的に接続されている。システムの制御にはプリウスや日野ハイブリッドシステムで培われたハイブリッド技術を応用しているバッテリーを搭載することで、減速時はモーターで発電させた電力をバッテリーに充電し、エネルギー回生を可能とするとともに、運転状況に応じてトヨタFCスタックとバッテリーのそれぞれ効率の良い領域を使い分け、精密制御することでより高効率な運転を可能にしている。各運転状態での電気の流れを図3に示している。基本的な作動は、通常のガソリン車等のハイブリッド制御と同じであるが、エンジンと燃料電池の負荷に対する効率特性が異なる為、その特性に合わせた制御としている。

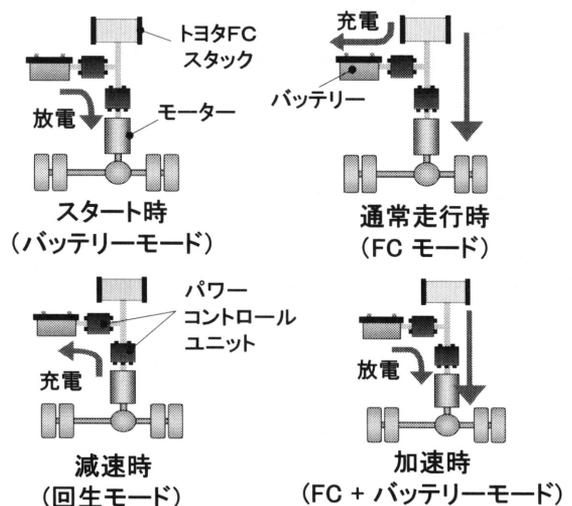


図3. エネルギーマネージメント

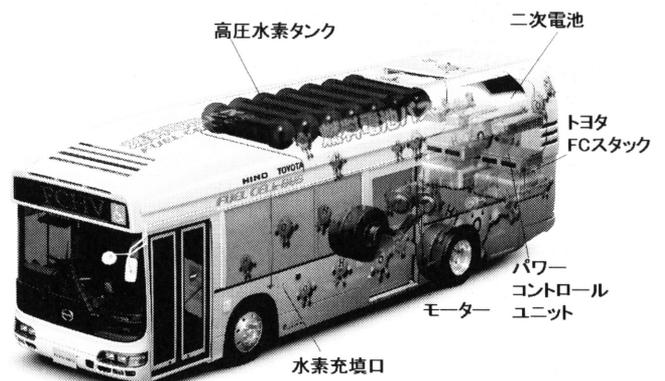


図4. FCHV-BUSシステム

実際の車両での主要部品の搭載状態を全体的に図4に、FCスタックや2次バッテリーなどの主要コンポーネント

およびシステム部品が搭載されている車両後部を図5に示している。燃料となる水素は屋根上に7本の高圧水素タンクに貯蔵されている。このバスは路線バス仕様であり、圧力は3.5MPaでほぼ要求航続距離を満たしているが、今後、高速バスなどの航続距離の長距離化の要求に対しては、乗用車と同様に更なる高圧化が必要となると考えている。



図5. 主要コンポーネントの搭載

4. FCHV-BUSの諸元

日野ノンステップ大型路線バスをベースに、燃料電池スタック出力90kW×2、モーター最高出力80kW×2、最大トルク260N・m×2とし高い動力性能を確保している。各スペックを表1に示す。

表1. FCHV-BUS主要諸元

車両	ベース車両	ブルーリボンシティ (日野ノンステップ大型路線バス)
	全長/全幅/全高	10,515/2,490/3,360mm
	最高速度	80km/h
	乗車定員	65人
燃料電池スタック	種類	固体高分子形
	出力	90kW×2
モーター	種類	交流同期電動機
	最高出力	80kW×2
	最大トルク	260N・m×2
燃料	種類	純水素
	貯蔵方式	高圧水素タンク
	最高充填圧力	35MPa (350気圧)
バッテリー	形式	ニッケル水素電池

また、車両は燃料電池技術の先進性に加え未来感と環境への優しさと分りやすさを表現した外装デザインの踏襲と、多くの方が快適に利用できるユニバーサルデザインをインテリアに採用している。

5. FCHV-BUSの実証試験

FCHV-BUSはバスの認定基準設定前であった為、前述のようなシステムで大臣認定を取得し、経済産業省管轄の水素・燃料電池実証プロジェクト（以下、JHFC）及び国交省管轄である燃料電池実用化推進プロジェクトの実証試験に参加している。

5.1 東京都営バス

平成15年8月より初めての实証試験として東京駅からお台場地区への営業運行を東京都の協力の下実施した。この時は1台での運行で、大都市公共交通機関としての環境性能効果及び水素供給設備も含めた可能性を実証した。（図6）

東京都営バス H15年8月～H16年12月



- 導入台数: 1台
- 全走行距離: 17,000km



図6. 東京都営バス運行

5.2 愛・地球博バス

平成17年3月から9月に行われた愛知万博に会場間シャトルバスとして8台運行し、大量輸送手段としての実証をおこなった。

合計100万人以上の人々が利用し、また、瀬戸会場周辺に設置した2箇所の水素ステーションでの水素供給量は13,000kgと大規模な実証となった。（図7）

**愛・地球博バス
H17年3月～H17年9月**



- 導入台数: 8台
- 全走行距離: 130,000km
- 全搭乗者数: 100万人



図7. 愛・地球博バス運行

5.3 中部国際空港周辺

**中部国際空港 周辺地域
H18年3月～**



- 導入台数:
- ランプバス2台
 - 通常運転バス1台→知多半田駅～セントレア空港

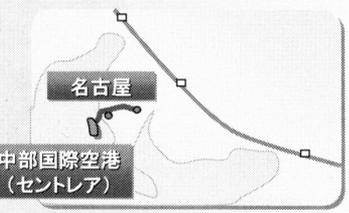


図8. 中部空港周辺バス運行

平成18年からは中部国際空港周辺において半田駅と空港を結ぶ路線バス運行と空港内のランプバス(旅客ター

ミナルから離れて駐機する航空機とターミナルの間で旅客を送迎する)として実証試験を現在も継続中である。水素供給は愛・地球博で設置した水素ステーションの1基を移設して運営中である。(図8)

6. 実証試験結果

6.1 燃費評価結果

燃料電池バスとディーゼルバスとの燃費を同様のコースを走っているバス同士で比較した結果が図9と図10である。完全に同じ仕様ではなく、同じ時間や同じ走り方ではないので、マクロな比較と見るべきではあるが、ディーゼルバスと比べて愛地球博でのシャトルバスの使い方、約1.6倍燃費を示し、ランプバスでは約2倍の燃費結果となった。この様に、実走行でも燃料電池車の効率の高さが実証された事になる。図11は都営バス運行での季節での燃費変化を示している。1台の結果であり、やや信頼性にかけるが、傾向として夏場の燃費悪化が大きい特徴が見られる。エアコンの影響ととらえているが、効率が良い物ほど、この様なエアコンなどの補機類の影響が大きいとも考察できる。夏冬のエアコンによる冷暖房の影響等を今後の課題と捕らえて、その低減を図っていきたい。

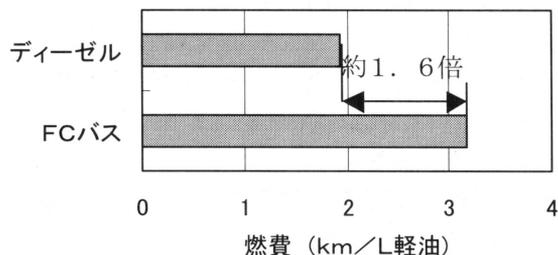


図9. ディーゼルとの比較 (@愛・地球博)

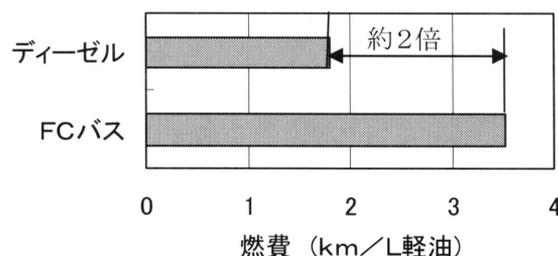
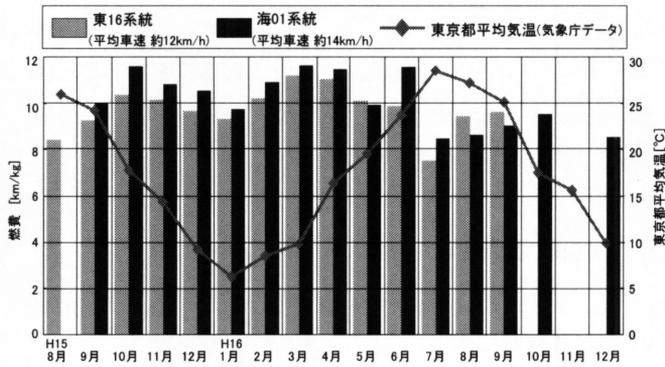


図10. ディーゼルとの比較 (@ランプバス)

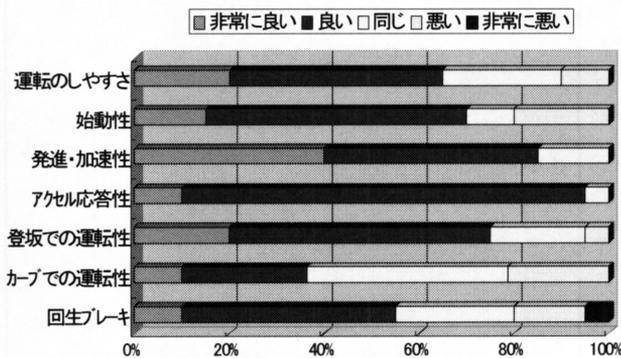


出典：平成17年度JHFCセミナー発表資料
図1.1. 東京都営バス燃費 (季節変動)

6.2 利用者の反応

実証試験での乗客の皆さんや運転手の方々からの評価は各実証試験ではほぼ同じ傾向である。運転手さんの声はFCバスの特徴そのものであり、電気モーターの特徴である低速トルクの高さ、スムーズな加速が好評点であり、カーブでの運転性と回生ブレーキの評価はディーゼル車とフィーリングが異なり慣れが必要との意見が多かった。

図1.2は意見を集約した結果である。



出典：独立行政法人 交通安全研究所調査結果

図1.2 運転手アンケート評価結果

乗客の皆さんの声で一番多かったのは静かさであり、室内での会話のしやすさも含め非常に好評であった。その他では、軽油やいやな排気臭がないことなどの環境面の良さと電気モーター特性での滑らかな走り、パワフルな走りが好評で、不評点はあまりなかった。ただ、運転手さんや歩行者の皆さんからは静か過ぎて近づいても気づかないので、運転に気を使う、危ないなどの別の課題の指摘もあった。安全に気づいてもらうための音作りなどの対応も考える必要があることが確認された。

7. 洞爺湖サミットでの運行

2008年7月に洞爺湖サミットが開催された。これに合わせ日本の環境技術訴求として会場のザ・ウィンザーホテル洞爺とセキュリティゲート間のシャトル運行バスとして5台が参加した。

会場となるホテルは山頂に有り、標高差281メートル距離5.3km、平均斜度5.3%、ホテルのある頂上付近の平均斜度は6.7%と今まで運行経験の無いコースであったが、特にトラブルなく大役を果たした。(図1.3)

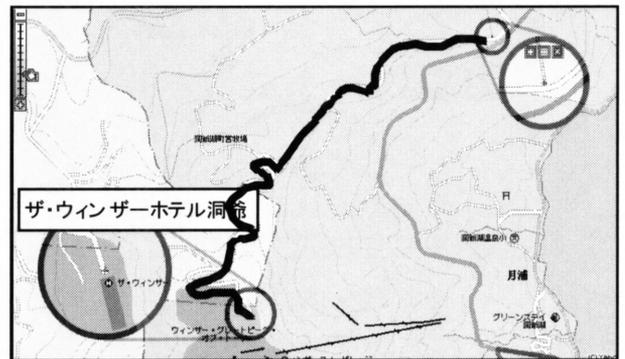


図1.3. 洞爺湖サミット運行コース

また、結果的に表2に見られるように、161便3351名の方々に体験していただき、日本の環境技術のアピールに大いに寄与できたと考えている。

表2. 洞爺湖サミット結果 (5台合計)

乗客数	3,351	名
総走行距離	2,026	km
水素使用量	222	kg
燃費	9.1	km/kg
運行便数	161	便



図1.4. 洞爺湖サミット運行風景

図1 4にホテル前での運行風景、図1 5に臨時の水素供給基地での様子の写真を掲載している。



図1 5. 水素供給基地 (右の山頂が会場ホテル)

8. まとめ

東京都営バスでは大都市における公共交通機関での評価、愛・地球博では少ないインフラでの大量乗客の輸送手段としての評価、ランプバスでは限られた中での運行における評価など各実証試験において、省エネルギーに直接に繋がる燃費の良さ、利用者の運転手や乗客の高い評価結果を得てきた。

公共機関として少ない普及初期の少ないインフラでも対応可能であり、かつ、エネルギー削減、CO₂低減効果も大きく貢献ができるなど、FCバスの市場導入が期待されている。早期に使っていただける様に、最大の課題であるコストダウンなどの課題解決を精力的に進めている。