

燃料電池を用いた電動ビークルの製作*

東條 賢二¹⁾ 廣瀬 博文²⁾ 平野 一正³⁾

Manufacturing of electric vehicle using fuel cell

Kenji Tojo Hirohumi Hirose Kazumasa Hirano

The internal combustion engine as the prime mover for a vehicle has high load for the environment as global warming or air pollution on the earth. This causes rapid electrification movement such as a hybrid vehicle (HV) or an electric vehicle (EV) sells and spread recently. Especially, fuel cell electric vehicle (FCEV) has attracted a great deal of world attention. This report shows the proto-production and some tests results of FCEV for education and display purpose together with the experience learning and an exhibition.

KEY WORDS: Fuel cell, Hydrogen, Teaching materials

1. はじめに

自動車は、個人の生活に利用される自家用自動車、物流の中心を担うトラック及び公共交通機関の一翼を担うバスなど、現代社会において必要不可欠な存在となっている。

しかし、自動車の原動機である内燃機関は、地球温暖化や大気汚染等の環境への負荷が大きいという問題点がある。そのため、各自動車メーカーはハイブリッド自動車の販売を拡大させている。また、2010年にバッテリー式電気自動車、2014年に水素燃料電池自動車一般販売が開始されている。現在では、全世界の自動車メーカーが、ハイブリッド自動車やバッテリー式電気自動車を販売、また、燃料電池を使用したトラック、バスやスクーターも発表しており、自動車の電動化が本格的に開始されたと思われる。

本学においては、オープンキャンパスや体験学習にて小・中・高校生に対して試乗体験を通して自動車に対する興味向上を図る取り組みを実施している。その一環として、実験・実習に関する教育の改革を目的とした燃料電池自動車の研究を行う必要があると考え、燃料電池を使った電動ビークルの製作を行うこととした。

本研究では、教育・展示用の燃料電池ビークルの実験、試作を行い、学内外での体験学習やイベント出展での評価を行う事ができたので報告する。

2. 性能実験

2.1. 使用機材

まず研究の初期段階として燃料電池システムを購入し実際に動かしてみることから始めることにした。

今回の使用した燃料電池は「H-B200 PEM 燃料電池システム」で定格出力は200W、発電能力は24V/8.3Aである。

外観と仕様についてはFig.1とTable.1に示す。

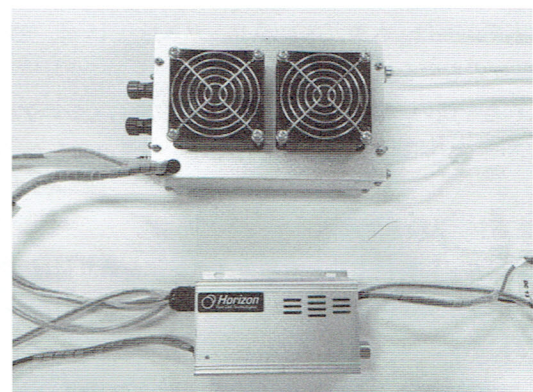


Fig.1 H-B200 PEM 燃料電池システム

Table.1 H-B200 PEM 燃料電池システムの仕様

燃料電池型式	PEM
セル数	48
定格出力	200W
発電能力	24V@8.3A
使用燃料	水素と空気
使用環境	5~30℃
水素圧力	0.45~0.55 Bar
水素消費/最大出力	2.6L/min
スタック重量	2230g
コントローラ重量	400g
寸法	118x183x94mm

*2018年8月2日受理、第50回全国自動車短期大学協会研究発表会において発表。

1)・2)・3) 徳島工業短期大学(779-0108 徳島県板野郡板野町犬伏蓮花谷100)

フレームについては、まず既存のシニアカーに燃料電池を搭載し実際に動かしてみることにした。搭載するシニアカーの外観と仕様についてはFig. 2とTable. 2に示す。



Fig. 2 シニアカー「ヤマハ マイメイト」

Table. 2 シニアカー車両詳細

寸法 (全長 x 全幅 x 全高)	1195x650x1080mm
本体重量	75kg
バッテリーを含む総重量	100kg
駆動方式	後2輪駆動 (デフ付)
モータ (30分定格出力)	24Vx390W
最高速度	前進 2.0~6.0km/h
	後進 0.6~2.0

水素ボンベは、水素ガス容器 1L、ガス量 0.15 m³、充填圧力 14.7Mpa のものを使用する。

これらを使い、実際に燃料電池で発電を行い、シニアカーを走行させて、問題点などを洗い出していくこととした。

2.2. 性能試験と問題点

シニアカーに燃料電池と水素ガスボンベを取り付け、実験走行を行った。燃料電池と水素ガスボンベを取り付けた状態をFig. 3に示す。

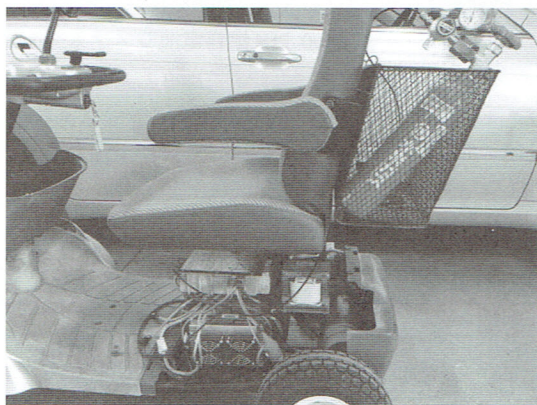


Fig. 3 燃料電池と水素ガスボンベを取り付けた状態

なお、今回使用した水素ボンベの水素充填量 0.15 m³ (150L) で約 58 分の発電が可能である。このことより、4.0km/h で約 58 分、走行距離は約 3.9km の走行が可能と推測される。

実験走行の結果、走行中にシステムエラーが発生し走行不能となった。しかし、シニアカーのメインスイッチを OFF にし再度 ON にすると走行可能となる。

現象確認を実施したところ、システムエラーは最高速度 4.0~6.0km/h 時での全開発進時、発進してから 2~5 秒後に必ず発生する。また、2.0~4.0km/h での全開発進時でもシステムエラーが発生することも判明した。

燃料電池の定格出力が不十分であり全力での走行はできないが、2.0~4.0km/h のゆっくり発進での走行ではシステムエラーは発生せず連続的に動かすことができた。

2.3. 原因の究明

まず、この時の燃料電池システムの電圧と電流の測定を行った。なお、電流はモーター~燃料電池マイナス端子間に 0.1Ω の抵抗を取付け、その抵抗の両端の電位差を測定し、オームの法則により計算にて算出することとした。測定波形の CH1 が発電電圧、CH2 が 0.1Ω の抵抗の両端の電位差である。

(1) 車両停止状態

車両停止状態での測定波形を Fig. 4-1 に示す。無負荷状態では一定の電圧で発電すると考えていたが、実際は 10 秒に 1 回定期的に 0.3 秒間電圧が落ち込む期間があることが判った。

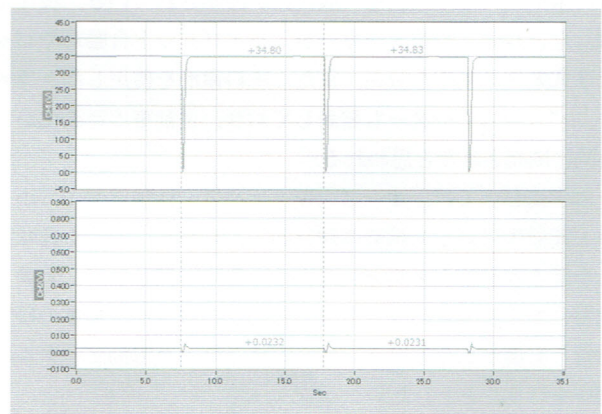


Fig. 4-1 車両停止時の測定波形 (1)

(2) 最高速度 3km/h 時での全開発進時

最高速度 3km/h 時での全開発進時での測定波形を Fig. 4-2 に示す。CH2 の最大電圧は 0.47V、よって電流は計算値で 4.7A であり、その時の CH1 の電圧は 27.09V であった。この速度域での走行では CH1 の電圧は 24V 以上あり、シニアカーの適正電圧の範囲内であるためシステムエラーは発生しなかったと思われる。また、走行中であっても 10 秒に 1 回定期的に 0.2 秒間の発電していない期間があることが判った。

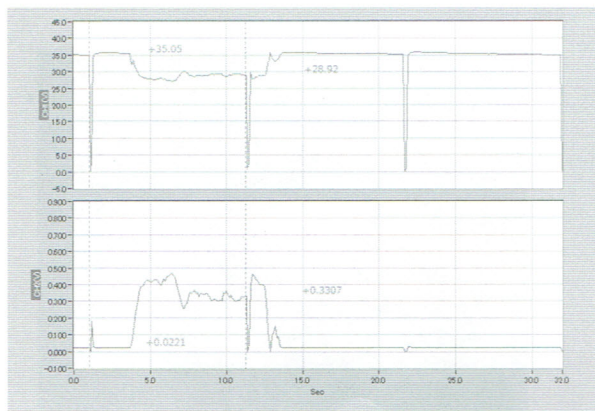


Fig. 4-2 最高速度 3km/h 時の測定波形 (1)

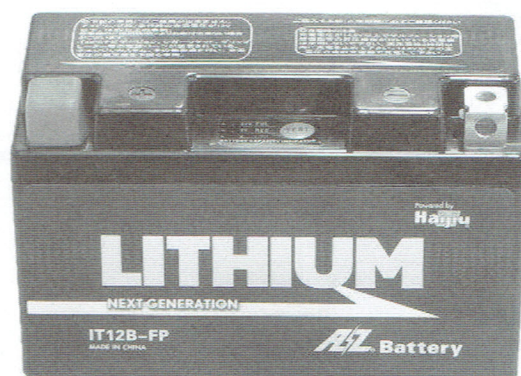


Fig. 5 リチウムイオンバッテリー「IT12B-FP」

(3) 最高速度 6km/h 時での全開発進時

最高速度 6km/h 時での全開発進時での測定波形を Fig. 4-3 に示す。CH2 の最大電圧は 0.9989V、よって電流は計算値で 9.989A であり、その時の CH1 の電圧は 17.42V であった。この速度域での走行で CH1 の電圧が 20V 以下の状態が 4 回発生し、その全てでシステムエラーが発生した。

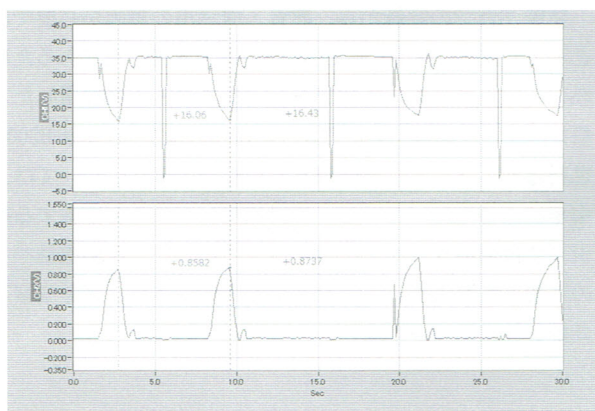


Fig. 4-3 最高速度 6km/h 時の測定波形 (1)

以上のことより、システムエラーが発生する原因は、発進時等の大きな負荷により大きな電流が流れた時、燃料電池システムの発電電圧は 20V を大きく下回り、シニアカーは電源電圧異常を検知し作動を停止するものと思われる。

2.4. 改良と効果

システムエラーの真因は燃料電池システムの発電能力不足であるため、本来は 400W 以上の燃料電池システムに換装することが一番の解決策であるが、現状の燃料電池システムを使用した解決策を考えることとする。

そこで、今回は発電能力不足を補うためにリチウムイオンバッテリーを追加することにした。追加するリチウムイオンバッテリーの外観と仕様については Fig. 5 と Table. 3 に示す。

Table. 3 リチウムイオンバッテリー「IT12B-FP」の仕様

幅×奥行き×高さ	150×65×92 mm	
重量	約 3.7kg	
消費電力	48.0Wh	
定格電圧	12V	
普通充電電流	標準	2.0A
	最大	20.0A

定格電圧 12V のリチウムイオンバッテリーを 2 個直列に接続して 24V とし、燃料電池システムと並列に接続して燃料電池システムの電圧と電流の測定を行った。

車両停止状態での測定波形を Fig. 6-1 に、最高速度 3km/h 時での全開発進時での測定波形を Fig. 6-2 に、最高速度 6km/h 時での全開発進時での測定波形を Fig. 6-3 に示す。

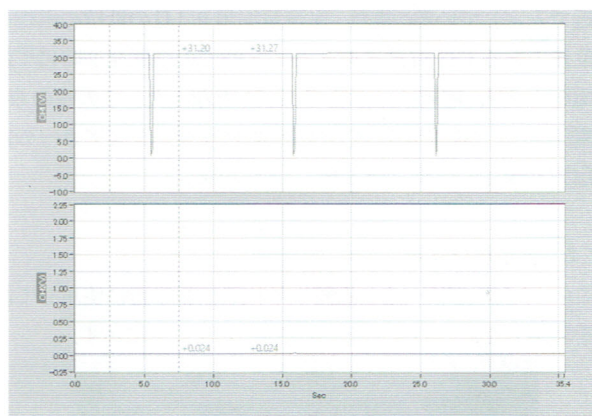


Fig. 6-1 車両停止時の測定波形 (2)

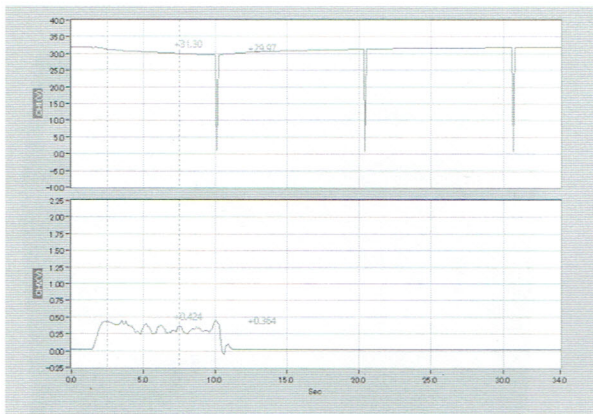


Fig. 6-2 最高速度 3km/h 時の測定波形 (2)

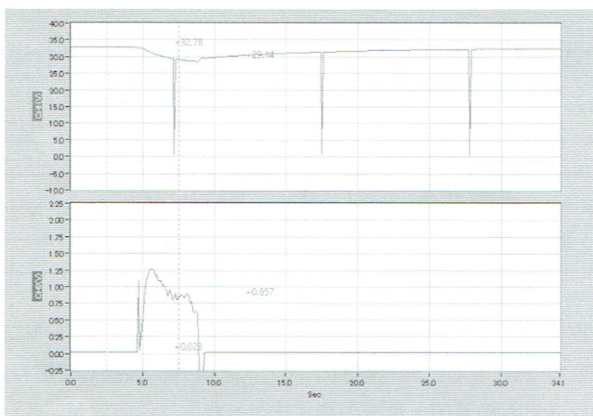


Fig. 6-3 最高速度 6km/h 時の測定波形 (2)

燃料電池システムの発電電圧 CH1 は最高速度 3km/h 時、最高速度 6km/h 時共に前回発進時から走行終了まで概ね 29.9V 付近で安定している。また、電流算出用 0.1Ω の抵抗の両端の電位差である CH2 は最高速度 6km/h 時での全開発進時にて最高電圧 1.27V、電流は計算値で 12.7A となった。この時の CH1 の電圧は 31.14V で消費電力は 395W となり、シニアカーの定格出力を満たす結果となった。

2.5. 実績及び評価

この FC シニアカーを、近隣小学校の体験学習に使用して評価を実施した。この様子を Fig. 7-1, Fig. 7-2 に示す。



Fig. 7-1 体験学習の様子 (1)



Fig. 7-2 体験学習の様子 (2)

試乗体験をした小学生からは、走行に関しては概ね良好との評価をであったが、燃料電池システムの搭載位置や発電の流れ等が解りにくいとの意見もあった。

3. 教育・展示用燃料電池ビークルの製作

3.1. 計画及び製作

体験学習での評価から、教育・展示用の車両が必要であると考え、製作に着手した。主目的が教育・展示用であるため、燃料電池システムを車両で牽引するスタイルを採用した。燃料電池システムは、シニアカーに使用し改良した「H-B200 PEM 燃料電池システム」を使用する。ベース車両については、牽引車に四輪電動バギーを、燃料電池システムを搭載する被牽引車には運搬ワゴンを使用することとした。四輪電動バギーの外観と仕様については Fig. 8 と Table. 4 に、運搬ワゴンの外観と仕様については Fig. 9 と Table. 5 に示す。



Fig. 8 四輪電動バギー

Table. 4 四輪電動バギー 車両詳細

寸法 (全長 x 全幅 x 全高)	1050x550x650mm
本体重量	38kg
駆動方式	後 2 輪駆動 (減速機構付)
モータ	24Vx350W
バッテリー	12V-12A × 2
最高速度	前進 15km/h



Fig.9 運搬ワゴン

Table.5 運搬ワゴン 車両詳細

寸法 (全長 x 全幅 x 全高)	910x450x430mm
本体重量	15kg
耐荷重	90kg

水素ボンベは、水素吸蔵合金ボンベ (容量 220NL) を使用することとする。水素吸蔵合金ボンベの外観については Fig. 10 に示す。

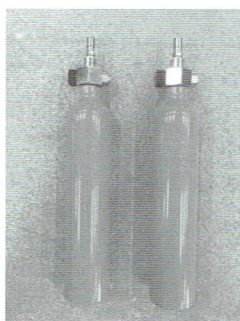


Fig.10 水素吸蔵合金ボンベ

今回の車両は、燃料電池システムが分かりやすいことが重要であるため、燃料電池システムは発電の流れを後方から前方へ部品を配置することとした。完成した燃料電池システムを搭載する被牽引車を Fig. 11 に示す。

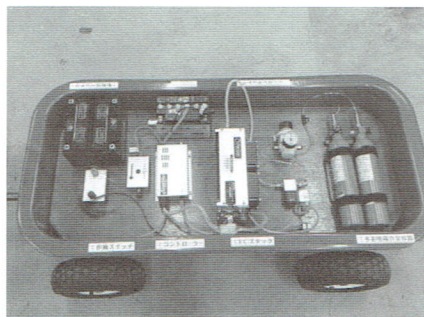


Fig.11 燃料電池システムトレーラー

水素ボンベを後方に、FC スタックを中央に、コントローラ及びバッテリー類を前方に配置した。これにより燃料電池の発

電の流れが、一目でわかるようになった。

牽引車である四輪電動バギーは、バッテリーを取外し燃料電池システムと接続する。連結した教育用燃料電池カートを Fig. 12 に示す。

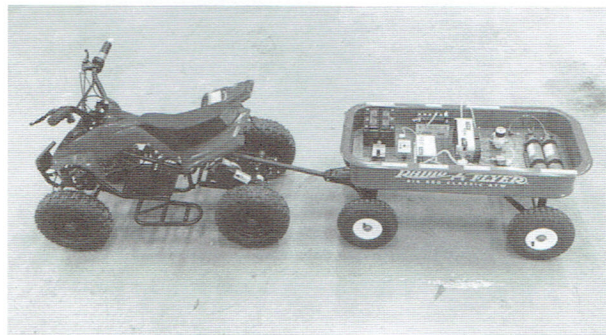


Fig.12 連結した教育・展示用燃料電池ビークル

3.2. 実績及び評価

今回製作した教育・展示用燃料電池ビークルは、2017年11月14日に開催された「水素グローバルエキスポ in とくしま」に出展した。出展した様子を Fig. 13-1, Fig. 13-2, Fig. 13-3 に示す。

燃料電池システムをトレーラー化したことによりインパクトも強くなり、老若男女にわたり見学していただいた。また、燃料電池の発電の流れが一目で理解できたのでよかったとの声もいただいた。



Fig.13-1 水素グローバルエキスポ in とくしま

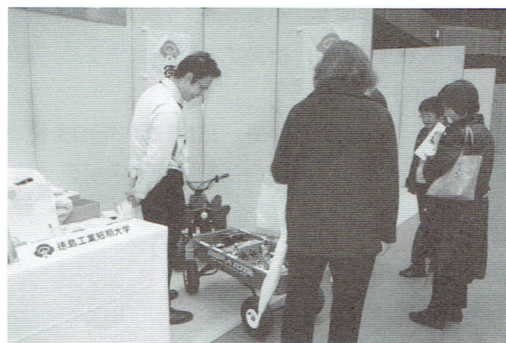


Fig.13-2 水素グローバルエキスポ in とくしま



Fig. 13-3 水素グローバルエキスポ in とくしま

4. まとめ

今回製作した車両は、イベント出展等での効果が確認でき、概ね成功したと考えられる。しかし、燃料電池システムを牽引式としたため、全長が長くなり小回りが利かないため、実走行には不向きとなった。

なお、今回使用した水素吸蔵合金ボンベ（容量 220NL）1 本の水素充填量は、約 237L（気温 20℃、湿度 65%で算出）で、約 90 分の発電が可能と推測される。

今後は、燃料電池のレイアウトがわかりやすく、且つ体験走行も楽しく行える様々な形の燃料電池ビークルを製作したい。

5. 謝 辞

本研究の遂行にあたり、財団法人東京自動車技術普及協会からの助成金を賜りましたことに、記して感謝の意を表します。また、この度、評価、実験に協力して頂いた皆様に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 東條賢二, 廣瀬博文, 平野一正:「燃料電池を使った電動カートの製作(その1)」 徳島工業短期大学紀要 第20刊, P. 15-16 (2016)
- (2) 東條賢二, 廣瀬博文, 平野一正:「燃料電池を使った電動カートの製作(その2)」 徳島工業短期大学紀要 第21刊, P. 51-53 (2017)
- (3) 東條賢二, 廣瀬博文, 平野一正:「燃料電池を使った電動カートの製作(その3)」 徳島工業短期大学紀要 第22刊, P. 65-66 (2018)