

燃料電池車いすの開発

Development of fuel cell powered wheelchair

山室成樹*

Shigeki Yamamuro

高齢化社会を目前に控え、高齢者の自立を支援し、しかも環境にやさしい燃料電池を搭載した小型移動体の開発は重要と考えられる。従来品より長距離走行が可能な燃料電池搭載型電動車いすを台湾の燃料電池メーカー、APFCT社(Asia Pacific Fuel Cell Technologies)と共同で開発した。本論文ではその概要について報告する。

Standing on the verge of an aging society, the development of a small eco-friendly fuel cell system for mounting small speciality vehicles has much importance toward making aged people more independent. A fuel cell powered wheelchair that can travel longer distances than conventional wheelchairs was, therefore, developed in collaboration with fuel cell manufacturer Asia Pacific Fuel Cell Technologies (APFCT). This report describes the fuel cell powered wheelchair.

1. はじめに

次世代エネルギーとして注目されている燃料電池は、高効率で環境にやさしい発電システムである。経済産業省・資源エネルギー庁は2005年度から家庭用コージェネレーション向けに400台をモニタ導入し、自動車関連向けには導入を支援し業界を活性化させる計画である。

また携帯電話やパソコンなどのモバイル電源関係も本格的に研究開発が進められ、国際基準・規格作りも各国で活発化している。燃料電池には、規模や用途によっていくつかの種類がある。10kW以上の大規模発電向けには固体酸化物形、溶融炭酸塩形、リン酸形が、数10Wまでのモバイル向けにはダイレクト・メタノール形などがある。当社では小型移動体(電動車いす、スクータ、電動自転車等)向けには、小型ながら高出力が得られ、反応温度が80℃以下程度と扱いやすい固体高分子形燃

料電池(PEFC:Polymer Electrolyte Fuel Cell)を採用した。近年、活発に開発が進められている自動車及び家庭用コージェネレーション向けと同じ種類のものである。図1に燃料電池の種類と利用分野について示す。

当社では、小出力の小型移動体向けの燃料電池コンポーネントを、APFCT社の技術を導入して開発に着手し、その用途として電動車いすを選んだ。日本で販売されている電動車いすはバッテリーで駆動し、連続走行時間は5時間程度以内と短く、これを燃料電池に置き換えると、10時間以上の連続走行も可能となる。これは、車いす利用者の生活範囲やライフスタイルが一変することを意味し、ユビキタス社会に向けた移動電源、地震などの災害時の非常用電源としても有効に機能するものである。図2に現状の電動車いすに対しての燃料電池車いすの位置づけを示す。

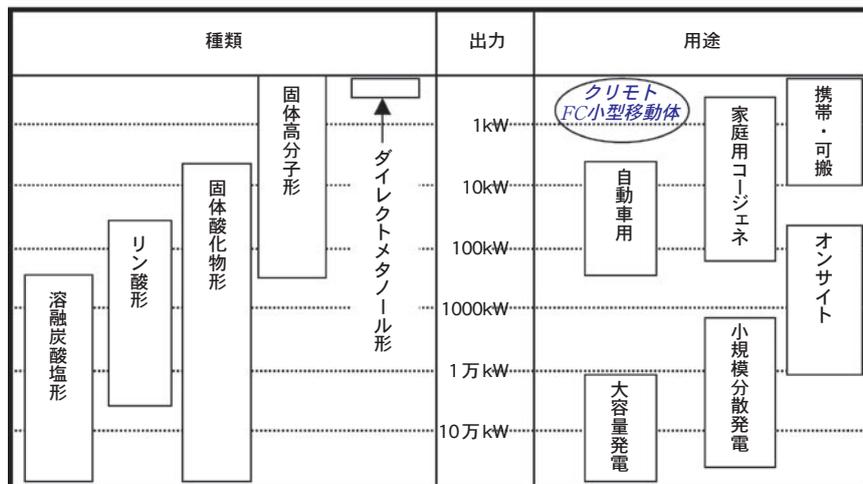


図1 燃料電池の種類と利用分野¹⁾
Fig.1 The kind and use field of fuel cell

* 事業企画室 FCプロジェクト 兼 技術開発室 研究開発部

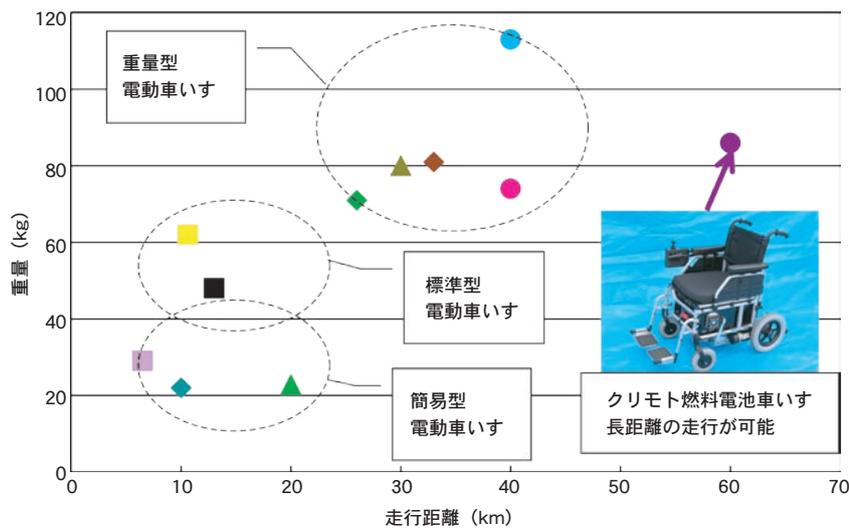


図2 燃料電池車いすの位置づけ
Fig.2 Positioning of fuel cell powered wheelchair

2. 燃料電池車いすの特性試験

2.1 電動車いすについて

電動車いすは、下肢などに障害を持つ方の移動手段であるだけでなく、自立して生活するための手段であり、時に体の一部分ともなる。このため、電動車いすはユーザー一人一人に合わせて調節できることが望まれるため、各パーツごとに組み立てることが容易なモジュール形式が一般的である。一般的な車いすは、鋼やアルミのパイプなどでフレームを組立て、これに回転自在の前輪、駆動用のモータとギアを左右独立に取り付けた後輪、ジョイスティックなどを備えた操作ボックス、電池、シートから構成される。電動車いすのサイズ、強度、性能などはJIS T 9203「電動車いす」に規定されており、道路交通法では歩行者として扱われ、最高速度は6km/hと規定されている。

2.2 電動車いすの動力性能値

燃料電池車いすを設計するにあたり、まず市販の電動車いすの走行特性を調査した。速度はJISに規定されている6km/hとし、使用者体重は被験者に合わせて80kgとした。この時の移動体の動力は下式(1)に表される。

$$P = F v = (F_r + F_a + F_{st}) v \dots (1)$$

- P : 走行に必要な動力(W)
- F : 総合走行抵抗(N)
- F_r : 転がり摩擦(N)
- F_a : 空気抵抗(N)
- F_{st} : 坂道走行抵抗(N)
- v : 車速(km/h)

なお、各走行時の抵抗は(2) (3) (4)式より求めた。

$$F_r = \mu_r \times W \times 9.807 \dots (2)$$

$$= 0.036 \times 168 \times 9.807 = 59.3$$

μ_r : 転がり抵抗係数(実測値より0.036とした)

W : 車両重量、88(車)+80(人) (kg)

$$F_a = \frac{1}{2} \rho \times C_d \times A \times v^2 \dots (3)$$

$$= 0.5 \times 1.205 \times 0.35 \times 0.812 \left[\frac{1000 v}{3600} \right]^2 = 0.0132 v^2$$

ρ : 空気密度、1.205(kg/m³)

C_d : 空気抵抗係数、0.35

A : 全面投影面積、0.58 × 1.4 = 0.812 m²

v : 車速(km/h)

$$F_{st} = W g \sin a \approx W g \tan a \dots (4)$$

$$= 168 \times 9.8 \times 0.279 = 459$$

g : 重力加速度(m/s²)

a : 勾配角 15.6° の坂を試走した

全走行抵抗(N)に対して、走行に必要な出力(W)との関係は、Pが1秒当たりに費やされる仕事であることから、走行に必要な動力は抵抗に等しく、動いた距離は速度(ただし単位はm/s)に等しいから(5)式が成り立つ。また(5)式をもとに動力理論値を求めることが可能である。

$$P = F v = (F_r + F_a + F_{st}) \frac{v \times 1000}{3600} \dots (5)$$

$$= 0.278(59.3 + 0.0132 v^2 + 459) v$$

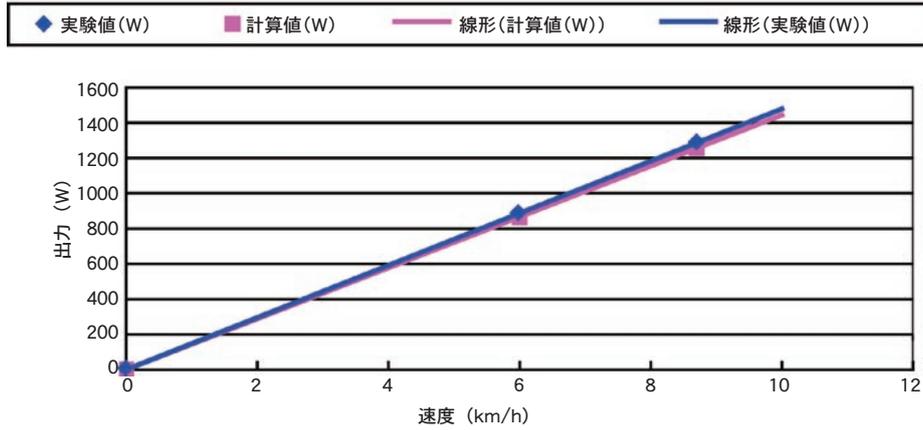


図3 速度と出力の関係
Fig.3 The relation of velocity and power

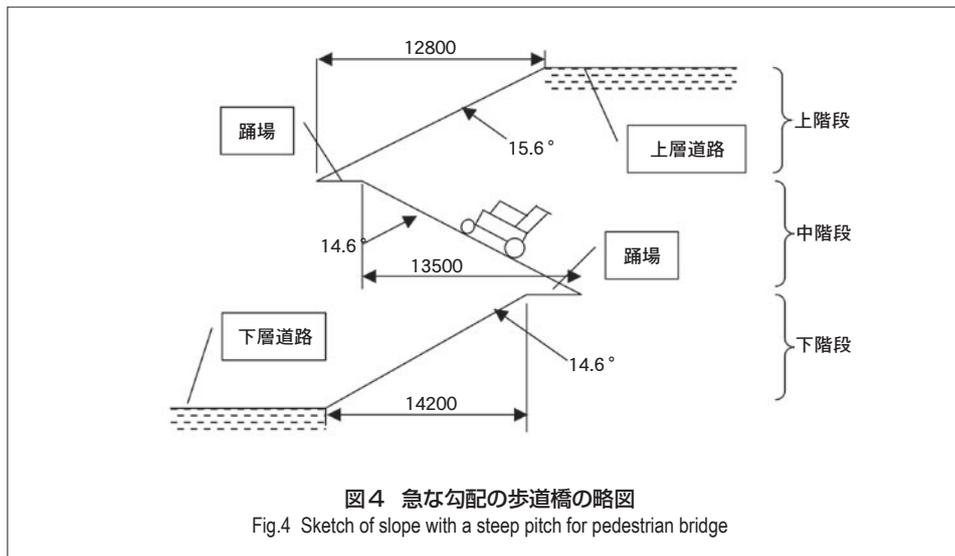


図4 急な勾配の歩道橋の略図
Fig.4 Sketch of slope with a steep pitch for pedestrian bridge

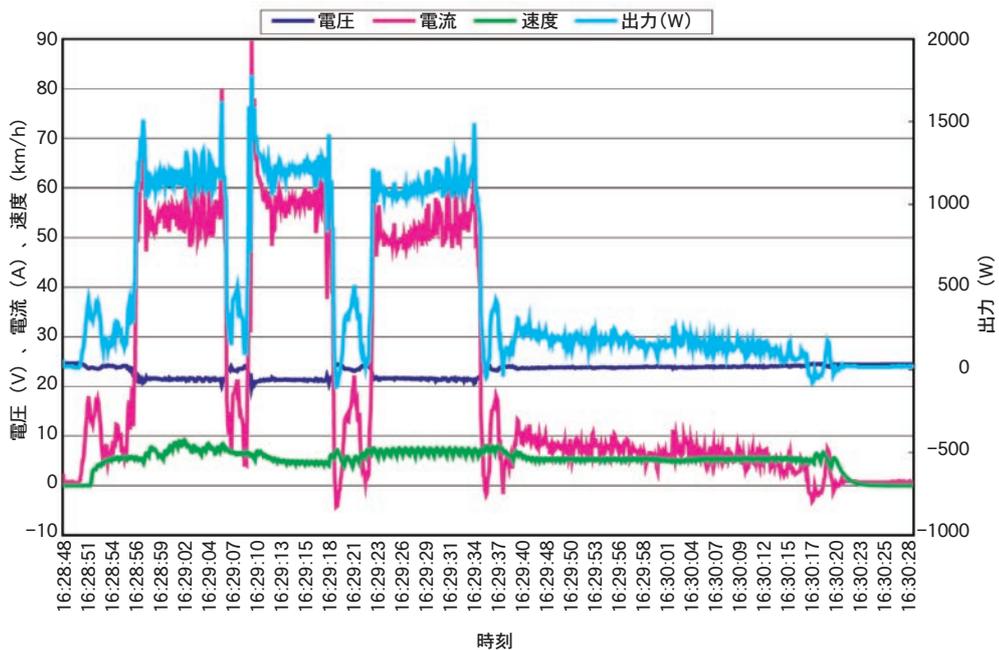


図5 車いすの走行特性、登坂(max)時の電池電圧、電流特性、斜度：約15°
Fig.5 The characteristic of an electric wheelchair running on the slope, data are the battery voltage and current. The degree of slope is about 10 degrees.

2.3 動力性能の理論値と実験値の比較

(5)式より得た動力理論値の計算結果と実験値を線形近似し、図3にプロットしたところ、実測値は計算値と良く一致した。

JISでは10°の坂道を登ることが必要であり、これを(5)式を用いて計算すると最大900W程度が必要であると想定される。走行試験では1kW程度が必要であったため、システムは最大出力1kWとした。また同様に、平地での走行は200W程度が必要となるため、定格出力は200Wとした。さらに、図4の急勾配の歩道橋を走行した結果を図5に示す。図5によれば、急勾配走行では、平地でも坂道でも走行時の出力が変動するため、後述するハイブリッド制御により、走行時の変動を吸収するシステムが妥当であるといえる。

3. 燃料電池車いすの試作

試作した燃料電池車いすは、市販の電動車いすを改造したものである。フレームは軽量で高強度の一体型アル

ミ製とし、車いすのシート直下にはAPFCT社製燃料電池モジュール、その更に下に水素燃料ユニットを搭載した。

システムは24V、250Wの燃料電池スタックと、Ni水素電池からなるハイブリッド制御で駆動し、エネルギー効率を高め、かつコスト低減を狙った。燃料ユニットは、安全かつ単位体積あたりの搭載量が多い水素吸蔵合金ポンベ4本から構成され、1MPa以下の圧力で充填された純水素を使用する。しかし、水素吸蔵合金ポンベは4.5kg/1本と重いので、取替えの負担を考慮して、ユニットからポンベ一本づつ取り外し可能とし、重心を下方に設定することで走行安定性を重視した。

図6に燃料電池スタック、図7にシステムブロック図、図8に燃料電池車いす、図9に燃料電池車いすの走行試験結果を示す。平坦な道を走行する場合の負荷変動にも十分対応し、緩い坂では出力電流の上昇に伴い、出力電圧が低下している。よってシステムが大きな負荷

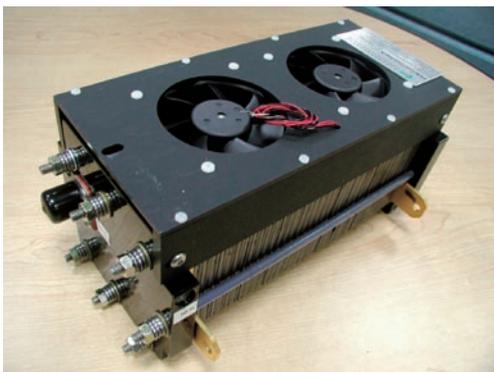


図6 車いす向け空冷式250W燃料電池スタック
Fig.6 Air cooling 250W fuel cell stack for wheelchair



図8 燃料電池車いす
Fig.8 Fuel cell wheelchair

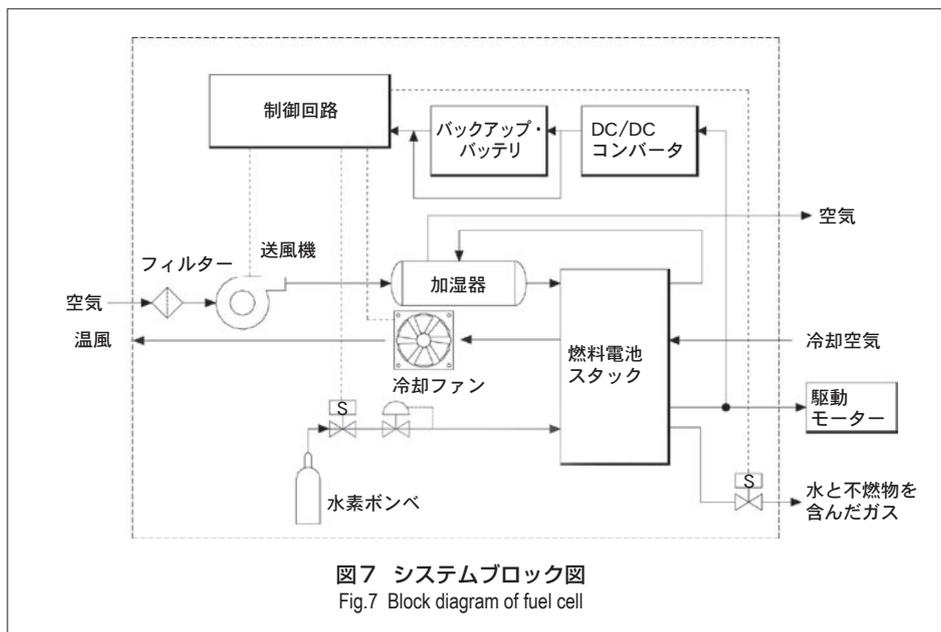


図7 システムブロック図
Fig.7 Block diagram of fuel cell

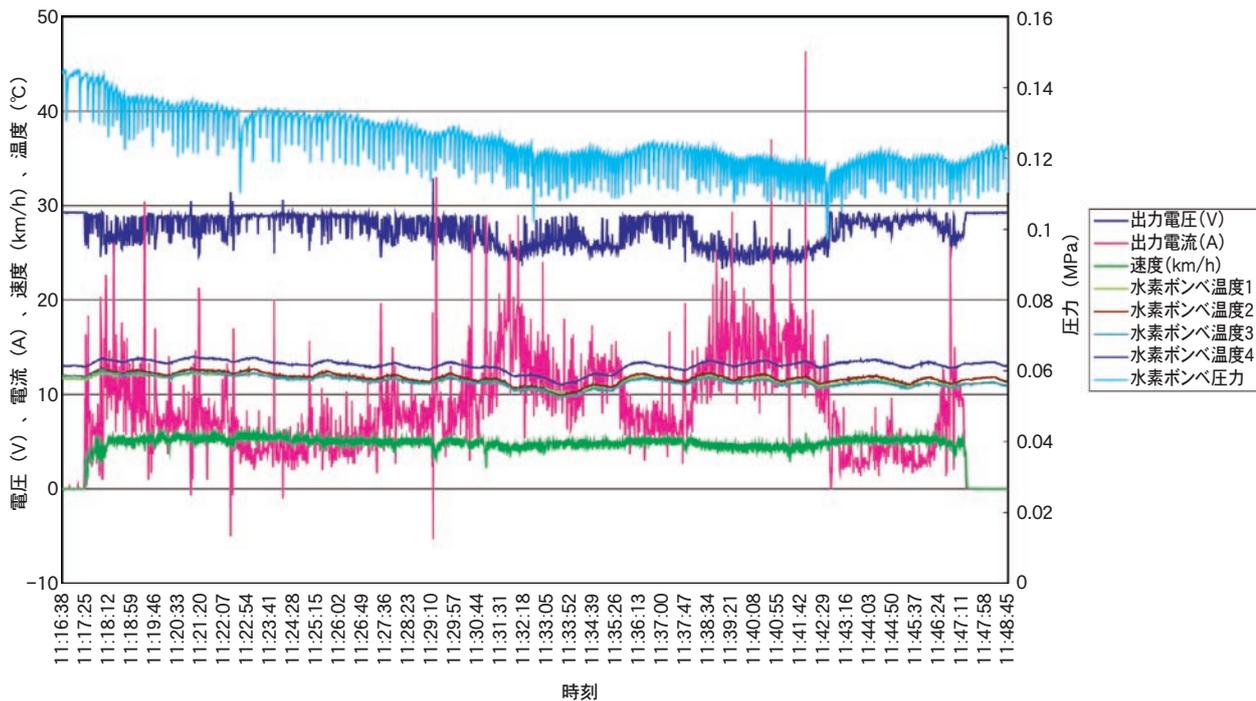


図9 燃料電池車いすの走行試験結果
Fig.9 The running test result of fuel cell wheelchair

に対しても十分対応できることが解る。これらの結果より、ハイブリッドシステムは有効に動作していることが確認できた。試作した車いすは重量72kg(水素ボンベ除く)、最高時速6km、登坂角度10°、連続走行時間は目標の10時間を達成できた。

4. おわりに

試作した燃料電池搭載型電動車いすは、技術的な課題が山積している。商用化までには、既存の国内規制もクリアしていかなければならない。また水素インフラの整備や、都市のバリアフリー化などは、政府や関係機関、関連企業の協力なしでは解決するのが困難であり、国家レベルの対策と支援が強く望まれる。当社では、水素社

会の実現に向けて燃料電池の普及啓蒙活動を通じて微力ながら貢献し、日本から世界へ、夢の製品を発信していきたい。

参考文献

- 1) 本間琢也：燃料電池のすべて、工業調査会、2003.

執筆者

山室成樹

Shigeki Yamamuro

昭和63年入社

吸音板の研究・開発、

燃料電池車いすの研究・開発に従事

