

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：37112

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560559

研究課題名(和文)水素生成しながら走行する小型燃料電池車両の研究開発

研究課題名(英文)Development of a micro-compact fuel cell vehicle driven by generated hydrogen

研究代表者

高原 健爾(Takahara, Kenji)

福岡工業大学・工学部・教授

研究者番号：70292076

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、活性化アルミニウム微粒子と水との反応を利用した水素発生装置を搭載した小型燃料電池搭載車両の開発を行った。小型電動車両は、三輪車をベースに試作した。水素発生システム、燃料電池とコントロールシステムは、車の後部に設置した。100[W]の燃料電池とバッテリーをモータのコントローラと並列に接続した。これは、始動時や坂道で電力を補償するためのものである。実験により、平均時速12 [km/h]で90分以上走行できることを確認できた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop a micro-compact fuel cell vehicle equipped with a hydrogen generation system using the reaction between "activated aluminum particles" and water. A micro-compact vehicle was manufactured experimentally based on a delta trike. The hydrogen generator, a FC and control system are put on the rear carrier. The 100[W] FC and two lead batteries are connected in parallel with the controller of the motor. The lead batteries are used to compensate for electrical power at the time of starting or at the time of driving up a slope. It was confirmed that the vehicle drive at about 12 [km/h] over 90 minutes by experiments.

研究分野：電気工学

キーワード：水素発生 活性化アルミニウム微粒子 燃料電池 小型車両

## 1. 研究開始当初の背景

わが国は「1990年比で2020年までに25%削減」を表明しており、化石燃料に代わる新エネルギーの開発が盛んに行われている。中でも水素は燃料電池の燃料をはじめ、有力な代替エネルギーとして注目されている。水素生成の一般的な方法は化石燃料の改質であり、炭酸ガスが必ず副生されてしまう。

本研究では、水素源としてアルミニウムの切削屑や空き缶などの廃棄物金属アルミニウムに活性化処理を施して作成した活性化アルミニウム微粒子と水との反応を利用する。活性化アルミニウム微粒子には内部に多数の亀裂があり、反応と共にその亀裂が成長することで3次元的な表面反応が起こり、活性化アルミニウム微粒子内部まで反応の場が広がる。したがって、活性化アルミニウム微粒子では粒子の表面だけでなく全体を反応させることができるので、多量の水素を得ることができる。しかし、この反応は詳細が不明であり、反応を定量的に扱うことが出来ず、条件によっては急激な水素発生が起こる。活性化アルミニウム微粒子は、産業廃棄物から製造され、水との反応により生成されるのは水素のみであり、炭酸ガスを排出しない環境に優しい材料である。この活性化アルミニウム微粒子と水との反応を適切に制御し、オンデマンドに水素を小型燃料電池車両に供給できるシステムは、持続可能なエネルギー社会を実現のために有効な手段の一つとなると期待できる。

## 2. 研究の目的

本研究では、この水素生成反応を継続的かつ任意の速度で行わせるための制御方法を検討し、小型燃料電池車両への応用が可能な反応・供給装置の開発と車両の制御を行う。具体的には以下の内容について研究を行う。

### (1) 制御系の設計に関する研究

継続的な水素発生のために、活性化アルミニウム微粒子に送水するための制御系の設計と実装

反応速度を調節するための制御系の設計と実装

### (2) 反応・供給装置に関する研究

活性化アルミニウム微粒子に水を追加投入するための機構の開発

走行時に安全に水素を供給するための装置の開発

○ 反応後の活性化アルミニウム微粒子と反応水を簡単に廃棄するための装置の開発

活性化アルミニウム微粒子 1[g]と水 1[mL]から得られる水素は約 1[L]であり、継続的に水素を得るためには、適切に微粒子を投入しなければならない。しかし、その微粒子という形状から、車両の走行時に反応中の容器内に確実に追加投入することは容易ではなく、その投入機構と制御系を実現する必要がある。また、活性化アルミニウム微粒子は、内部に多数の亀裂を有しており、その亀裂内に

水が入り込むように反応が進むので、一旦水に触れた微粒子の水素生成を止めることはできない。しかしながら、反応させたい部分だけを水に接触させることができれば、所望の水素量のみを得ることができる。したがって、活性化アルミニウム微粒子と必要な水とを追加投入できる装置を実現し、その制御方法を確立する。発生させる水素は小型燃料電池車両の燃料とし、安全な走行を実現するための制御システム構築を行なう。

## 3. 研究の方法

本研究では、活性化アルミニウム微粒子と水との反応による水素発生を制御し、小型燃料電池車両へ継続的に供給できるシステムを実現する。研究は、「水素発生量の制御系設計」と「車両搭載用発生装置の開発」に大きく分けて実施する。具体的には、継続的に所望の水素を得るために、活性化アルミニウム微粒子と水の投入量とを決定する制御系を設計する。制御系設計と平行して、活性化アルミニウム微粒子と水の追加投入装置を開発・試作する。試作する装置に制御系を実装し、小型燃料電池車両として実現する。

(1) 車載用の水素発生装置の設計と試作：300[W]の燃料電池を搭載して自宅の近所で1時間程度の走行を可能にするものと想定して、約 4[L/min]の水素発生を1時間保つことができるように設計した。車載スペースが限られることから水回収システムを考案し、接続することにした。また、活性化アルミニウム微粒子はパウチに入れて反応容器に入れることとし、反応後はそのパウチごと廃棄できるようにした。

(2) 活性化アルミニウム微粒子の製造と使用についての検討：原料となる活性化アルミニウム微粒子の製造を研究室内で開始したが、その水素発生特性を揃えるための工夫を行った。また、製造には多くの時間が必要となることから、活性化アルミニウム微粒子と未処理のアルミニウム微粒子とを混合して利用することについて検討を行った。

(3) 電動車両の試作と走行実験：3輪タイプの電動車両の試作を行い、走行実験を行った。搭載した水素発生装置は、初年度の装置を改良して若干コンパクトに製作したものを搭載した。水素発生装置から 100[W]の燃料電池に水素を送り、燃料電池に接続された DC-DC コンバータに並列接続されたモータコントローラと鉛蓄電池に供給するシステムとした。この車両では 100[W]のインホイールモータを用いた。さらに、燃料電池を 300[W]のものに変更し、システムの高性能化を図った。

(4) 活性化アルミニウム微粒子の X 線分析：水素発生制御のために活性化アルミニウム微粒子の組成や反応のプロセスを知る必要から、九州シンクロトロン光研究センターでトライアルユースを利用して X 線分析を行った。

## 4. 研究成果

(1) 車載用の水素発生装置：図 1 に水素発生装置の外観を示す。反応容器内には、400[g]の活性化アルミニウム微粒子を入れ、水タンクから電動ポンプで反応容器内に送水する。水素発生は発熱反応であり、発生した水素は高温で多量の水蒸気を含んでいるので、ラジエータで冷却された後、水トラップを通して燃料電池へ送られる。水素発生装置の容積をできるだけ小さくするために、ラジエータで冷やされた水蒸気は回収されるようになっている。

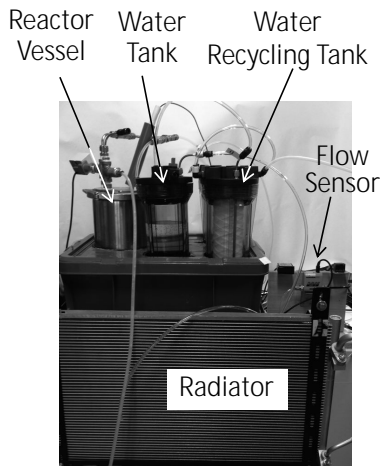


図 1 水素発生システムの外観

(2) 活性化アルミニウム微粒子の製造と使用：活性化アルミニウム微粒子の性能を向上させるために、製造過程での温度管理を慎重に行った。また、製造時の電力消費を抑えるための工夫を行った。

図 2 には、送水量を変えたときの水素発生特性を示す。一定の送水量に対してほぼ一定の水素発生量が保たれており、開発した水素発生システムで一定の精度を保ちながら水素発生させられることが確認できる。

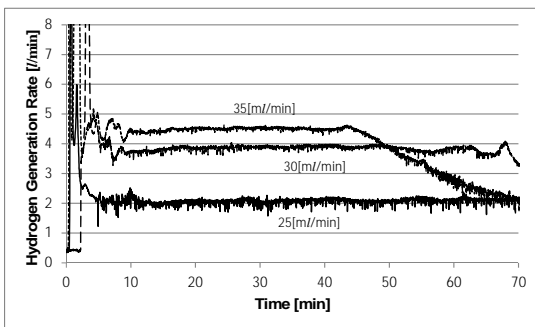


図 2 水素発生特性

(3) 電動車両の試作と走行実験：図 3 に試作した小型電動車両を示す。これは、三輪自転車をベースとして、前輪にインホイールモータ (MITSUBA 製, M0124D-V, 24V, 100W) を取り付けたものである。後部には、開発した携帯型燃料電池システムと各種制御回路を搭載している。全体のシステム構成図を図 4 に示す。鉛蓄電池を接続しているのは、坂道での走行時など急激な電力需要に対応するた

めである。また、停止時や平地を走行する際など、燃料電池での発電電力がモータへの供給電力を上回る場合には、鉛蓄電池へ充電されることになる。

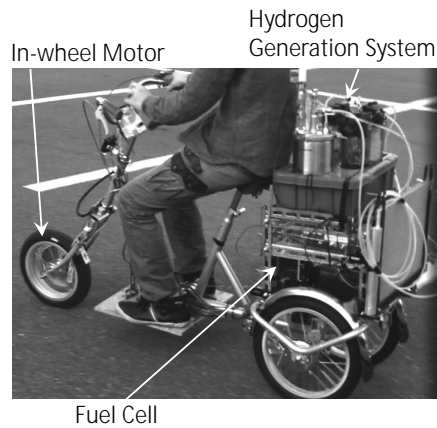


図 3 試作した小型電動車両の外観

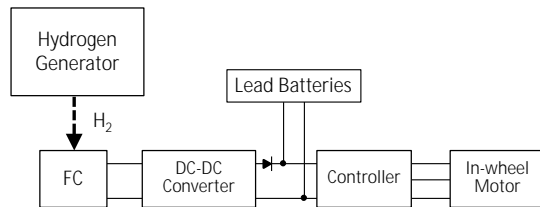


図 4 車両駆動システムの構成

図 5 には、反応容器内への送水量を 25[mL/min]として、100[W]の燃料電池を用いて走行実験を行ったときの結果の一部 (30 ~ 60[min]) を示す。実験では、90 分以上の走行で、最高時速はおよそ 18[km/h]を確認した。また、結果から、停止時に鉛蓄電池への充電が行われていることが確認できた。

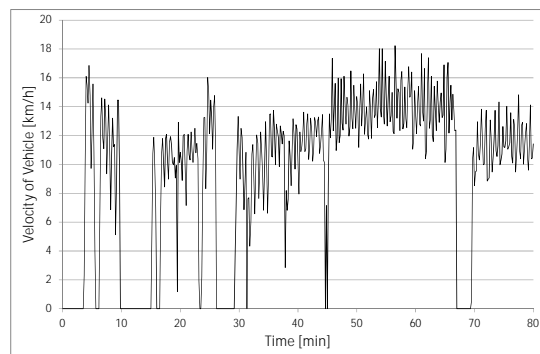


図 5 走行速度の変化

さらに、電気二重層キャパシタを用いた電力補償システムを用いてシステム全体を構築し直し、新たに 300[W]の燃料電池を搭載した。走行実験を行ったところ、約 20[km/h]の平均時速で 90[min]以上の走行が可能であることを確認できた。

(4) 活性化アルミ微粒子の X 線分析：九州シ

ンクロトン光研究センターで、活性化アルミニウム微粒子とアトマイズアルミニウム粉の XANES 測定を行った。それぞれの試料で 3 種類の状態を用意した。それらは、反応前、反応途中、反応後である。反応途中の試料では、その他の 2 つの状態の試料に比べてスペクトル線が異なることが確認できた。

<引用文献>

文部科学省 科学技術政策研究所 科学技術動向研究センター：図解 水素エネルギー最前線，工業調査会，2003。

渡辺正夫 他：日経エレクトロニクス，2006.11.20，137-143，2006。

K. Takahara & K. Maekawa: "Development of a Microcompact Fuel-cell Vehicle Equipped with a Hydrogen Generator", Journal of Asian Electric Vehicles, 12, 2, 1687-1691, 2014.

Y. Ikeda, T. G. BUI, K. Takahara, T. Kajiwara, K. Maekawa: "Fuel-Cell Vehicle Having Hydrogen Generator", SICE2015 発表予定，2015

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

K. Takahara & K. Maekawa: "Development of a Microcompact Fuel-cell Vehicle Equipped with a Hydrogen Generator", Journal of Asian Electric Vehicles, 査読有, 12, 2, 1687-1691 (2014). DOI : <http://doi.org/10.4130/jaev.12.1687>

[学会発表](計 3 件)

Y. Ikeda, T. G. BUI, K. Takahara, T. Kajiwara, K. Maekawa: "Fuel-Cell Vehicle Having Hydrogen Generator", SICE2015 発表予定，2015 年 7 月 28 日～2015 年 7 月 30 日，杭州（中国）

ブイ チョンザップ, 高原健爾, 梶原寿了, 前川孝司, 伊藤雄三: 水素発生装置を持つ携帯型燃料電池システムの小型電動車両への応用, 第 32 回電気設備学会全国大会, 2014 年 8 月 28 日～2014 年 8 月 29 日, 東北文化学園大学（宮城県仙台市）

前川孝司, 高原健爾, 菅原浩, 渡辺正夫: 小型燃料電池自動車用水素発生装置の開発, 平成 25 年電気学会全国大会, 2013 年 3 月 20 日～2013 年 3 月 22 日, 名古屋大学（愛知県名古屋市）

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称:

発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
取得年月日:  
国内外の別:

[その他]

[http://saas3.startialab.com/acti\\_books/1045174154/16307/HTML5/pc.html#/page/24](http://saas3.startialab.com/acti_books/1045174154/16307/HTML5/pc.html#/page/24)

6. 研究組織

(1)研究代表者

高原 健爾 (TAKAHARA Kenji)  
福岡工業大学・工学部・教授  
研究者番号: 70292076

(2)研究分担者

前川 孝司 (MAEKAWA Koji)  
北九州工業高等専門学校・電気電子工学科・助教  
研究者番号: 00711300

(3)連携研究者

( )

研究者番号: