

家庭用燃料電池システムの大規模実証試験と 愛知万博のマイクログリッド実証試験

Large-Scale Field Test of Residential Fuel Cell System and Microgrid Demonstration Test at Aichi Expo 2005

中島 良 佐薙 徳寿 矢吹 正徳

■ NAKAJIMA Ryo

■ SANAGI Yoshihisa

■ YABUKI Masanori

燃料電池システムは高効率で環境安全性に優れており、定置用や車載用などへの幅広い適用が期待されている。東芝は、2000年から家庭用燃料電池システムの開発に着手し、性能や信頼性の向上への取組みを加速してきた。固体高分子形(PEFC)による家庭用1kW級燃料電池システムの大規模実証試験では、東芝燃料電池システム(株)製の40台のシステムが一般家庭などに設置され、実際の使用条件下において期待どおりの高い省エネルギー性が確認された。また、愛知万博の会場で実施されたマイクログリッド^(注1)実証試験では、同社製の200kWりん酸形燃料電池システム(PAFC)4台を含む複数の新エネルギー分散電源により、システムが安定的に自立運転可能であることが実証された。

Fuel cells are expected to be widely used in a variety of applications, including both stationary and automotive systems, due to their high efficiency and environmental friendliness. Toshiba has been developing 1 kW-class residential fuel cell systems since FY2000 with the aim of improving their performance, durability, and reliability.

Toshiba Fuel Cell Power Systems Corporation (TFCP) has developed and deployed 40 residential polymer electrolyte fuel cell (PEFC) systems in various dwellings for a large-scale field test program and confirmed their excellent energy-saving capability in actual daily operating conditions. At Aichi Expo 2005, a microgrid system consisting of several new energy-distribution type power generation systems, including four 200 kW phosphoric acid fuel cell (PAFC) systems manufactured by TFCP, demonstrated stable controllability through grid independent operation.

1 まえがき

燃料電池システムはその優れた環境特性から、定置用、携帯用、及び車載用の各種アプリケーション向けに、多様な開発が進められている。京都議定書の発効により、地球温暖化防止効果への期待が大きい燃料電池システムの開発に政府も重点を置いており、普及に向けた各種の実証的研究開発の国家プロジェクトが推進されている。

家庭用1kW級の固体高分子形燃料電池システム(PEFC)については、第1期として、2005年度に全国で175台が一般家庭などに設置され、大規模な実証試験が行われた。東芝は2000年から家庭用燃料電池システムの開発に着手し、性能や信頼性の向上への取組みを加速してきたが、大規模実証試験には東芝燃料電池システム(株)製の40台のシステムを提供して参加した。また、2005年に開催された愛知万博では、長久手日本館向けの新エネルギー源として各種の燃料電池システムが設置されたが、ここに4台の200kWりん酸形燃料電池システム(PAFC)を納入し、分散電源システムの価値向上を目的としたマイクログリッドの実証試験が行われた。

(注1) 一定エリア内の電力供給において、複数の分散型電源などを組み合わせて制御・運用することにより、電力供給システムとしての経済性や信頼性を向上させ、需要先のニーズに合わせたより効果的な供給を行うシステムのこと。



図1. 家庭用1kW級燃料電池システム — 燃料電池ユニット(左)と排熱利用ユニット(右)から構成されている。

1 kW-class residential PEFC system

ここでは、これら二つの実証試験結果について述べ、最新の技術開発成果を示す。

2 家庭用1kW級燃料電池システム

2.1 システムの構成と特長

家庭用燃料電池システム(図1)は、PEFC本体、FPS(燃料処理系)、インバータ、制御装置、複合熱交換器などから成る燃料電池ユニットと、貯湯槽を持つ排熱利用ユニットから構

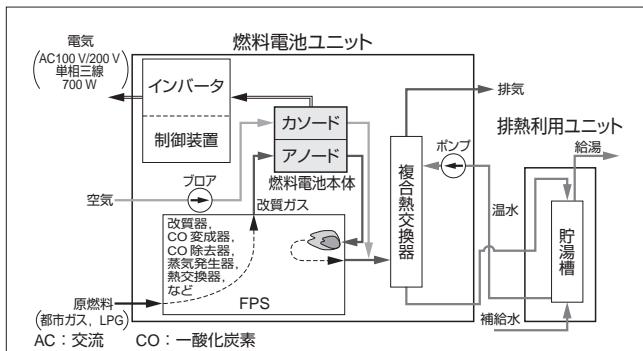


図2. 家庭用燃料電池システムの構成 — 燃料電池システムは、電池本体、FPS、インバータ、及び制御装置などから構成されている。

Configuration of residential PEFC system

成されている(図2)。電池本体は安定性と耐久性に優れた内部加湿方式を採用し、FPSは都市ガスとLPG(液化石油ガス)のどちらも使用できるものを採用した。インバータ及び制御装置には家電製品の量産技術によるワンボード基板を採用し、また、ポンプなどの補機類には家電機器技術を活用することで、高効率と高信頼性を実現している。また、ユニット設計においては、メンテナンスが容易に行えるよう機器配置を考慮した。

2.2 システムの仕様

このシステムは連続運転及び日々の起動・停止運転(DSS)に対応可能で、出力は210~700Wの範囲で可変である。定格時の発電効率は、都市ガスを燃料とした場合で32.0% HHV(高位発熱量基準)であり、LPG燃料の場合でも30.0%

表1. システムの基本仕様

Basic specifications of residential PEFC system

項目	仕様	備考
定格出力	700 W	AC送電端
最低出力	210 W	
定格発電効率	32.0%以上(都市ガス) 30.0%以上(LPG)	HHV基準, 送電端
定格総合効率	71.0%以上(都市ガス) 65.0%以上(LPG)	HHV基準
出力電圧	AC100 V/200 V 単相三線 50 Hz/60 Hz 共用	
熱出力	温水 60℃以上	出口
騒音	42 dB (A) 以下	無響室内, 機側 1 m
起動時間	1時間	
運転方式	系統連系	
寸法	87(幅)×88.5(高さ)×35(奥行き) cm	高さは脚を含む
質量	170 kg	乾燥質量
起動停止方法	窒素レス	
運転モード	DSS, 連続とも可	
出力設定方法	①外部出力指令追従	RS232C 経由又はインテリジェント通信経由の出力指令に従う
	②負荷追従	
	③出力スケジュール運転	あらかじめ設定された1時間ごとの出力スケジュールに従う

HHVを確保している。熱利用と合わせた総合効率は、都市ガス燃料の場合、定格で71.0% HHV以上である。騒音は40 dB (A)程度まで抑えて静粛性を保った。また、冷起動では1時間弱で発電状態に移行することができ、更に、窒素パージが不要(窒素レス)な起動・停止が行えるようにして、家庭での窒素ポンペを不要とした(表1)。

3 家庭用燃料電池システムの大規模実証試験

3.1 試験の概要

(財)新エネルギー財団(NEF)が実施する家庭用燃料電池システムの大規模実証試験は、燃料電池システムを一般家庭などに設置し、実際の使用状況における運転データを2年間取得するものである。東芝燃料電池システム(株)はシステムメーカーとして、エネルギー供給事業者である大阪ガス(株)、出光興産(株)、(株)ジャパンエナジー、太陽石油(株)、及び九州石油(株)の5社とそれぞれベアを組んでこの試験に参画しており、東北と北海道を除く全国に40台の燃料電池システムを設置した(図3)。

3.2 試験結果

初期性能評価として、2005年9月1日~9月15日の期間に40台の詳細な運転データを取得した。ここで、一般家庭における燃料電池システムの運転パターンについて、図4を例に述べる。家庭の過去の熱需要実績から当日の熱需要(給湯、ふろの湯張り、暖房)を予測し、早朝に発電を開始して貯湯槽に湯をため始めている。昼間は、電力需要や熱需要に基づいて自動的に出力を変更し、夕方に自動停止している。一日の終わりには貯湯槽の湯をほぼ使い切っており、効率的な運転が行えていることがわかる。このように、過去の実績から熱と電気の需要を予測して最適運転を行うことで、高い省エネルギー性を獲得している。15日間の運転データから、実際の使用条件下において期待どおりの発電効率、総合効率、及び省エネルギー性が確認された。ほとんどの設置場所で故障

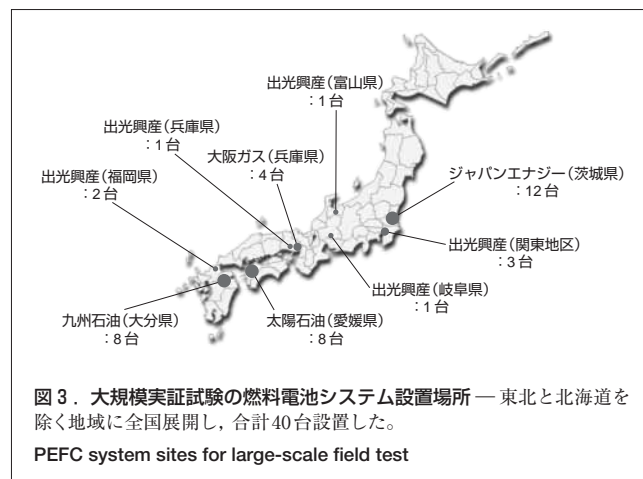
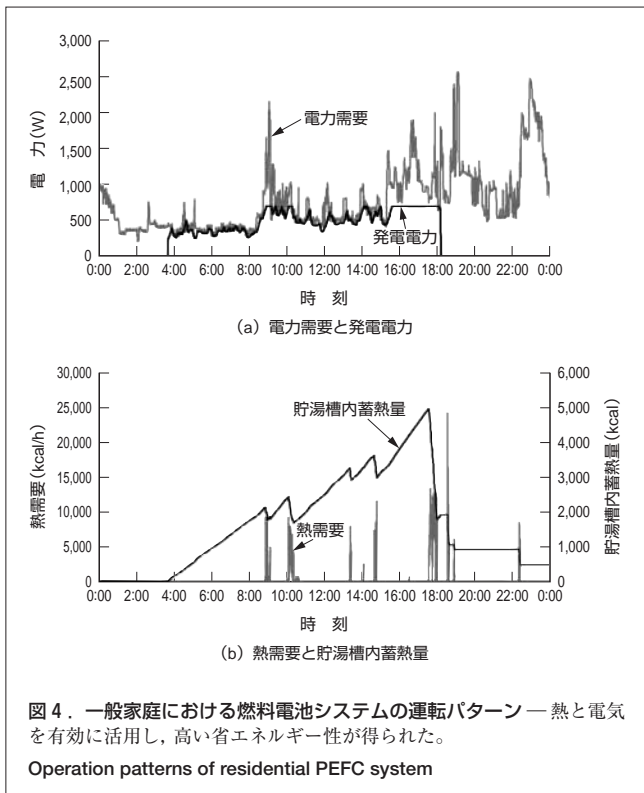


図3. 大規模実証試験の燃料電池システム設置場所 — 東北と北海道を除く地域に全国展開し、合計40台設置した。

PEFC system sites for large-scale field test



は発生せず、高い信頼性も確認された。耐久性については、今後の運転試験により確認していく予定である。また、試験に参加して多数の燃料電池システムを製造した実績により、将来のコストダウンに対しても見通しを得ることができた。

4 愛知万博のマイクログリッド実証試験

4.1 試験の概要

2005年3月25日～9月25日の半年間にわたって開催された愛知万博において、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDOと呼ぶ）のプロジェクトである「2005年日本国際博覧会・中部臨空都市における新エネ

ギー等地域集中実証研究」として、マイクログリッド実証試験が行われた。これは、NEDOから委託を受けた9事業者^(注2)が共同で行ったものであり、東芝燃料電池システム(株)、(株)エヌ・ティ・ティファシリティーズの依頼により、4台の200 kW PAFCの開発・製造と、実証試験の支援を行った。試験は、長久手日本館をはじめとしたマイクログリッド内の負荷に対して新エネルギー発電装置により電力を供給し、グリッド内の負荷変動に対する同時同量制御と二酸化炭素(CO₂)排出量の最小化、エネルギー効率の最大化などを目的とした最適制御の検証を行うものである。更に、万博終了後の試験では、マイクログリッド受電点を系統から切り離して新エネルギー発電設備だけで電力を供給する、自立運転状態での電力供給バランスについて検証が行われた。

新エネルギー発電システムは直流電源であることがほとんどであるため、インバータを用いて商用電力系統へ連系することが基本となっている。一方、今回実施された自立運転試験は、複数台の異なる種類のインバータだけで構成されたマイクログリッドが系統から独立したものである。このようなシステムはこれまでに前例がなく、運転と制御の方法に関してもまったく新しいものである。今回のようなマイクログリッド自立運転が可能となれば、非電化地域への新エネルギー導入の可能性を広げるものであり、今後の燃料電池システムの普及にとっても非常に有用と考えられる。

4.2 システムの構成

マイクログリッドのシステム構成を図5に示す。発電システムは、4台の200 kW PAFC(商品名PC25_{TM}C)のほか、熔融炭酸塩形燃料電池システム(MCFC)、固体酸化物形燃料電池システム(SOFC)、太陽光発電装置(PV)、ナトリウム硫黄電池(NaS電池)が設置されている。一方、負荷としては、長久手日本館及びNEDOパビリオンの一部が主なものである。

(注2) 中部電力(株)、トヨタ自動車(株)、(株)エヌ・ティ・ティファシリティーズ、日本ガイシ(株)、三菱重工業(株)、京セラ(株)、日本環境技研(株)、愛知県、(財)2005年日本国際博覧会協会。

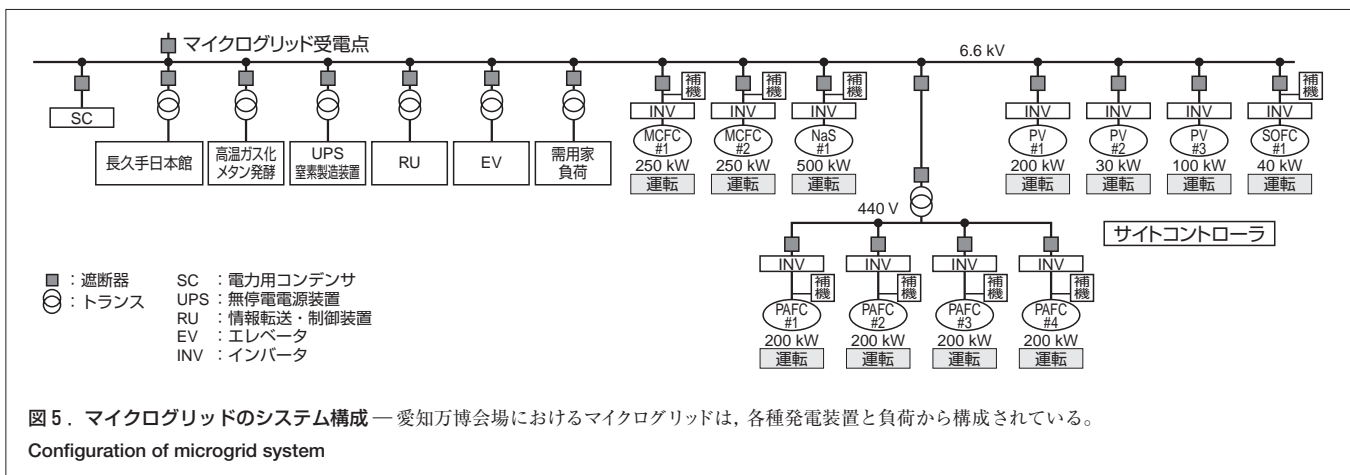




図6. 万博会場で運転中のPAFC — 愛知万博会場内に設置された4台のPAFCは、マイクログリッドの電圧基準となる。

View of four PAFCs at Aichi Expo 2005

また、自立運転試験時に、各PAFCの運転状態を管理するサイトコントローラが設置されている。運転中のPAFC 4台の外観を図6に示す。自立運転試験では、4台のPAFCが並列運転を行い、これがマイクログリッドの電圧基準となって、他の発電装置はPAFCがつくる系統へ連系する形となる。

4.3 試験結果

PAFC4台による自立運転時の出力バランスの試験結果を図7に示す。負荷分担制御が働いて、4台運転時のPAFCの出力は安定している。また、そのほかの発電設備が連系した状態での出力バランスの試験結果を図8に示す。図7の状態では、昼間の380 kW程度の負荷に対して、PAFCが約300 kW、MCFCが50 kW、SOFCが15 kW、NaS電池が20 kWの電力を供給している。なおこの間、常時20 kW程度の負荷変動があったが、PAFCが追従して出力を変動させ、安定した運転を継続することに成功した。

この自立運転試験は9月30日から20日間にわたり実施された。試験期間中、PAFCは電圧基準として安定した運転を継続し、インバータ発電設備だけによる長期間のマイクログリッド自立運転試験の成功に貢献した。この試験によって、

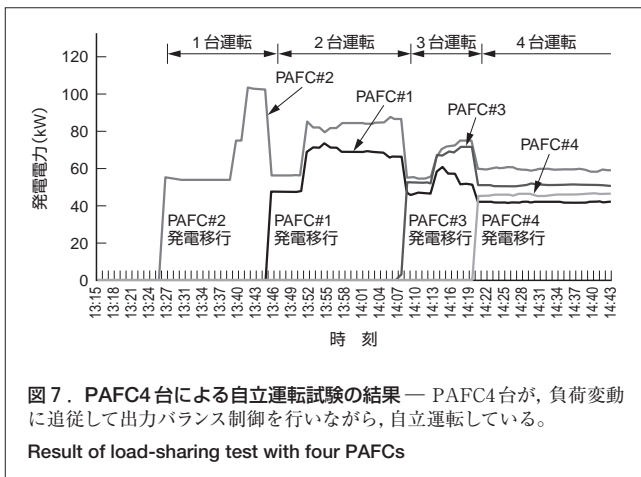


図7. PAFC4台による自立運転試験の結果 — PAFC4台が、負荷変動に追従して出力バランス制御を行いながら、自立運転している。

Result of load-sharing test with four PAFCs

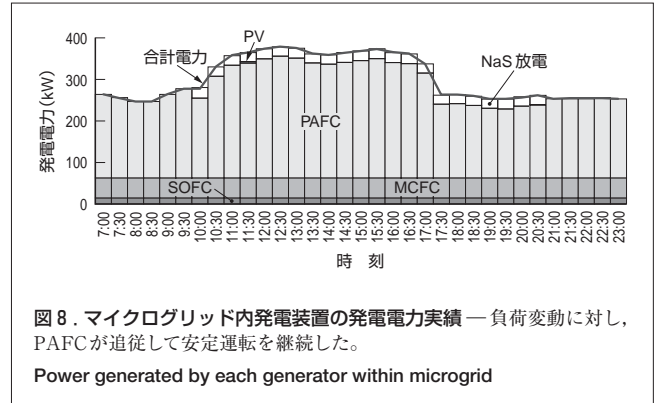


図8. マイクログリッド内発電装置の発電電力実績 — 負荷変動に対し、PAFCが追従して安定運転を継続した。

Power generated by each generator within microgrid

今後の実用化へ向けた貴重なデータが得られた。

5 あとがき

家庭用のPEFCの大規模実証試験については、今回の初期性能評価に引き続いて、2年間の耐久性評価を継続実施中である。また、2007年度まで半期ごとに設置台数が追加され、2005年度からの3年間で、各社を含めた試験全体での延べ台数は数千台規模となる予定である。

マイクログリッド実証試験については、すべての設備やプラントが愛知万博会場から中部国際空港に隣接した中部臨空都市(愛知県常滑市)へ移設され、系統連系しながら地域需要家へ電力を供給する計画である。

これらの実証試験では、フィールドでの実運用に基づいた貴重なデータを蓄積することができた。今後、この成果をフィードバックして、燃料電池システムの普及に向け引き続き開発を加速していく。

謝辞

ここで述べた実証試験を実施するにあたり、ご指導、ご協力をいただいた関係各社及びNEDOに感謝の意を表します。



中島 良 NAKAJIMA Ryo

電力・社会システム社 燃料電池事業開発室参事。
定置用燃料電池の事業開発に従事。日本機械学会、日本伝熱学会会員。

Fuel Cells Business Promotion Dept.



佐藤 徳寿 SANAGI Yoshihisa

東芝燃料電池システム(株) プラント技術部主務。
燃料電池システムの開発・設計に従事。

Toshiba Fuel Cell Power Systems Corp.



矢吹 正徳 YABUKI Masanori

東芝燃料電池システム(株) プラント技術部主務。
燃料電池システムの開発・設計に従事。

Toshiba Fuel Cell Power Systems Corp.