

# 1 kW 級家庭用燃料電池の大規模実証と水素機開発の現状

Large-Scale Stationary Fuel Cell Demonstration Project and Hydrogen-Fuel PEFC

岩崎 和市 金子 隆之 坂田 悦朗

■ IWASAKI Waichi ■ KANEKO Takayuki ■ SAKATA Yoshiaki

東芝は、2005年度よりスタートした独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の事業である「定置用燃料電池 大規模実証事業」に初年度から参画し、1 kW 級 家庭用燃料電池の商品化を目指している。2005年度に運転を開始した燃料電池システムの一部は既に1年以上の運転実績があり、約1万時間の運転を通して、発電効率は初期と同程度の32% (HHV (Higher Heating Value : 高位発熱量)) を維持していることを確認した。また、2005年度に運転を開始した125台の全平均省エネ率は、15%という結果を得ている。

2005年度からスタートした国土交通省事業の「集合住宅における水素供給燃料電池コージェネレーションシステムに関する技術開発」にも従事しており、当社開発の純水素型燃料電池は、定格500 W出力時の発電効率46% (HHV) を達成した。

Toshiba is preparing for the commercialization of 1 kW-class residential polymer electrolyte fuel cell (PEFC) cogeneration systems and has been participating in the Large-Scale Stationary Fuel Cell Demonstration Project since FY2005. Some systems have accomplished a running time of more than one year while maintaining the initial level of power efficiency of about 32% higher heating value (HHV), resulting in a total energy saving of 15% on average.

At the same time, we have also been engaged in a project entitled Technological Development of Hydrogen-Fuel PEFC Cogeneration System for Multiple Dwelling Houses. Toshiba's pure hydrogen fuel cell has achieved a good power efficiency of 46% HHV at a rated power of 500 W (AC).

## 1 まえがき

クリーンな水素燃料で発電を行う固体高分子形燃料電池 (PEFC : Polymer Electrolyte Fuel Cell) は、高効率及び環境負荷低減の観点から、燃料電池自動車や小型移動電源装置などに使用されている。都市ガスや液化プロパンガス (LPG) などの原燃料を改質<sup>(注1)</sup>し、水素リッチ<sup>(注2)</sup>にしてPEFCで発電を行い、同時に発生する熱の有効利用を行う家庭用燃料電池については、(財)新エネルギー財団 (NEF) が2005年度よりNEDOから補助金を受け、「定置用燃料電池 大規模実証事業」として進められている。東芝は、エネルギー事業者とパートナーを組み、この大規模実証試験に初年度から参画し商品化を目指している。

一方、国土交通省は2005年度から「住宅・建築関連先導技術開発助成事業」を推進している。この事業の中で当社は、「集合住宅における水素供給燃料電池コージェネレーションシステムに関する技術開発」に参画している。高効率で省スペースな水素燃料の燃料電池システムを開発し、セントラル水素製造装置を設置した集合住宅において、経済性

と省エネ性を両立させる最適システムの構築を目指している。ここでは「定置用燃料電池 大規模実証事業」と「集合住宅における水素供給燃料電池コージェネレーションシステムに関する技術開発」の現状と成果について述べる。

## 2 家庭用燃料電池の大規模実証事業

### 2.1 家庭用燃料電池の構成と特長

家庭用燃料電池の外観を図1に示す。燃料電池システムは、発電を行うPEFC本体、原燃料を水素に改質する燃料改質装置、直流電力を交流に変換するインバータ、及び制御装置から成る燃料電池ユニットと、貯湯槽及びガス燃焼加熱機から成る貯湯ユニットで構成される。

家庭用燃料電池の運転は、通常、設置先の熱需要や電気需要を計測し、省エネ性を最大とするよう自動的に運転パターンや発電出力を決定する、学習制御機能に基づいた最適化を行っている。2006年度機システムの基本仕様を表1に示す。

### 2.2 定置用燃料電池 大規模実証事業への参画

NEFは、2005年度から家庭用燃料電池の普及を促進し、商用化に向けた問題点を検証するため、フィールドでの運転試験を行う定置用燃料電池 大規模実証事業を実施している。

(注1) 化学反応により、炭化水素の組成や構造を変化させる操作。

(注2) 改質により、水素のモル数が増えること。



図1. 家庭用燃料電池—燃料電池ユニット(左)と貯湯ユニット(右)から構成されている。  
1 kW-class residential PEFC cogeneration system

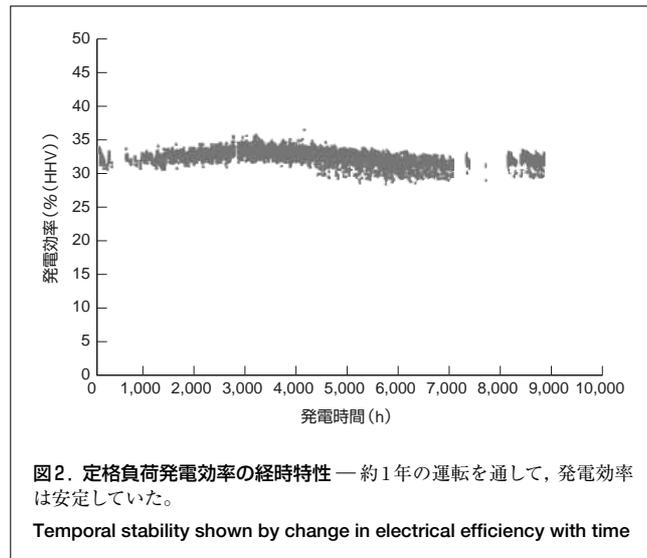


図2. 定格負荷発電効率の経時特性—約1年の運転を通して、発電効率は安定していた。

Temporal stability shown by change in electrical efficiency with time

表1. システムの基本仕様  
Basic specifications of residential PEFC cogeneration system

項目	仕様	備考
定格出力	700 W	送電端
最低出力	250 W	
定格発電効率	32 %以上 (都市ガス) 30 %以上 (LPG)	HHV 基準, 送電端
出力電圧	AC 200 V 単相三線 50 Hz/60 Hz 共用	
熱出力	温水60℃以上 (燃料電池ユニット出口)	
騒音	42 dB (A) 以下	無響室内, 機側1m, 聴感補正值
起動時間	1時間	
運転方式	系統連系	
寸法	87 (幅) × 33 (奥行) × 89.5 (高さ) cm	高さは脚を含む
質量	125 kg (乾燥質量)	
起動停止方法	室素レス	

AC : 交流

当社は、同事業に参画した大阪ガス(株)、出光興産(株)、コスモ石油(株)、岩谷産業(株)、(株)ジャパンエナジー、昭和シェル石油(株)、太陽石油(株)、九州石油(株)、カマタ(株)、日本瓦斯(株)の10社にシステムを供給している。2005年度には125台、2006年度は2007年3月末までに216台の納入を予定しており、2006年10月12日現在で合計170台が全国で運転されている。

### 2.3 大規模実証事業における燃料電池システムの性能特性

2005年度に運転を開始した燃料電池システムの一部は、既に1年以上の運転実績がある。その運転実績の一例として、定格発電での発電効率特性を図2に示す。約1万時間の運転を通して、発電効率は初期と同程度の32%(HHV)を維持しており、安定した特性を確認した。

### 2.4 省エネ性実績

2005年度に運転を開始した125台の燃料電池システムの省エネ性特性を図3に示す。棒グラフは毎月平均の省エネ率を、また、折れ線グラフは2005年9月から各月までの省エネ率累積値(平均省エネ率)を示し、2005年9月~2006年8月までの1年間の全平均省エネ率は15%となった。なお、省エネ率は、次のNEF定義式による。

$$\text{省エネ率} = 1 - \frac{\text{燃料電池熱供給量 (MJ HHV)}}{\left( \frac{\text{燃料電池湯供給量 (MJ)}}{\text{ガス給湯器効率}} \right) + \left( \frac{\text{燃料電池電力供給量 (MJ)}}{\text{発電所効率}} \right)}$$

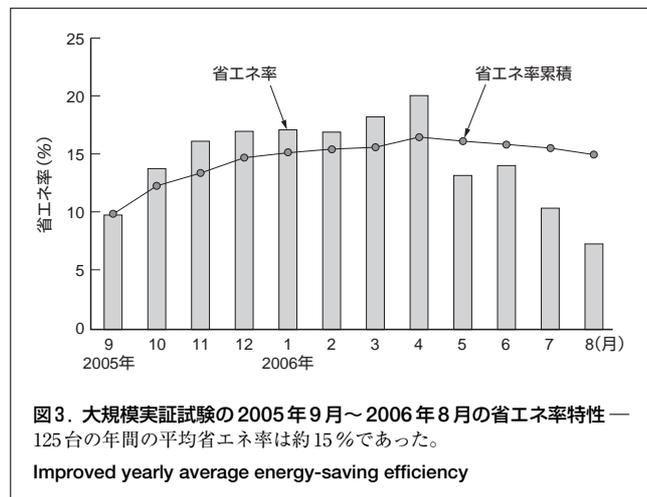


図3. 大規模実証試験の2005年9月~2006年8月の省エネ率特性—125台の年間の平均省エネ率は約15%であった。

Improved yearly average energy-saving efficiency

また、2006年8月1日~8月31日の期間について、全125台の毎日の湯供給量と省エネ率を図4に示す。図で明らかに、家庭の熱需要が大きく、燃料電池の供給熱量が大きいほど省エネ率が上昇することが判明した。そのため、冬季など風呂の利用頻度が増加し、熱需要が上昇する季節では省エネ率は高く、一方、夏季など熱需要が低下する季節では

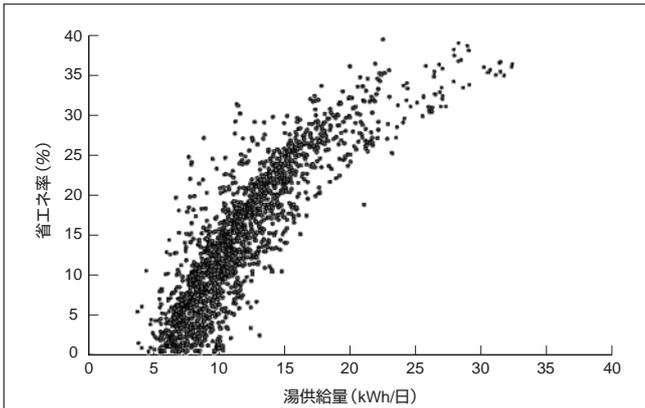


図4. 湯供給量と省エネ率特性 — 湯供給量が大きいほど省エネ率は向上する。

Correlation between amount of hot water supply and improved energy-saving efficiency

低くなり、図3でも同様の傾向が見られる。

今後は、更に省エネ率を向上するよう、燃料電池システムの性能向上を目指すとともに、特に熱需要の少ない夏季などに省エネ率を低下させないよう、運転手法の最適化や起動停止時のエネルギー損失低減を検討する。

## 2.5 今後の展望

商用化にとってもっとも高いハードルはコストである。現在、コストダウンに関して、電池本体はセル積層数の低減、FPS (Fuel Processing System : 燃料処理系) は小型化による材料費削減、インバータは電気回路の簡素化、ファン、ポンプ、バルブ、流計量などの補機はシステムの簡素化による機器数低減や安価な代替品の採用、そして製造及び試験方法の合理化などの検討を進めている。

## 3 集合住宅向け純水素型燃料電池 コージェネレーションシステムの開発

### 3.1 開発概要

当社は、2005年度から、国土交通省事業の下で、「集合住宅における水素供給燃料電池コージェネレーションシステムに関する技術開発」を大阪ガス(株)及び(株)長府製作所と共同で推進している。

集合住宅における全体システムの構成を図5に示す。セントラル水素製造装置によって、各戸に設置する純水素型燃料電池システムに水素が供給される。電力は、燃料電池システムと蓄電池によるマイクログリッド制御によって集合住宅内で融通し合い、熱は、熱利用ユニットによって各戸に供給される。また、各戸で変動の大きい電力需要と熱需要を予測することによって、セントラル水素製造装置及び燃料電池システムの運転状態が最適に制御される。

集合住宅のパイプシャフトスペースに設置することを想定

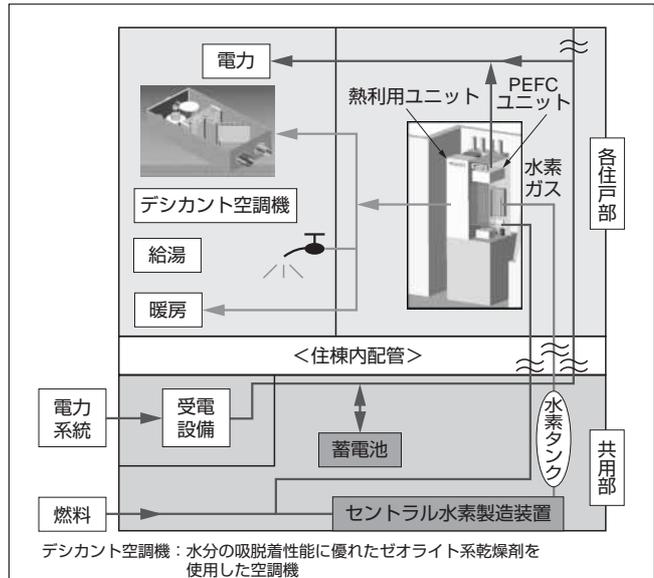


図5. 集合住宅における全体システムの構成 — 共用部に設置されたセントラル水素製造装置から、各住戸部のPEFCに純水素が供給される。

Configuration of residential PEFC cogeneration system for multiple dwelling houses

デシカント空調機：水分の吸脱着性能に優れたゼオライト系乾燥剤を使用した空調機

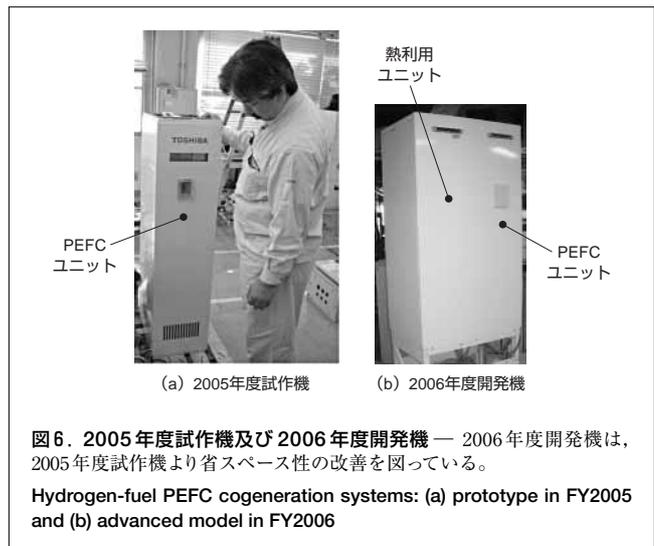


図6. 2005年度試作機及び2006年度開発機 — 2006年度開発機は、2005年度試作機より省スペース性の改善を図っている。

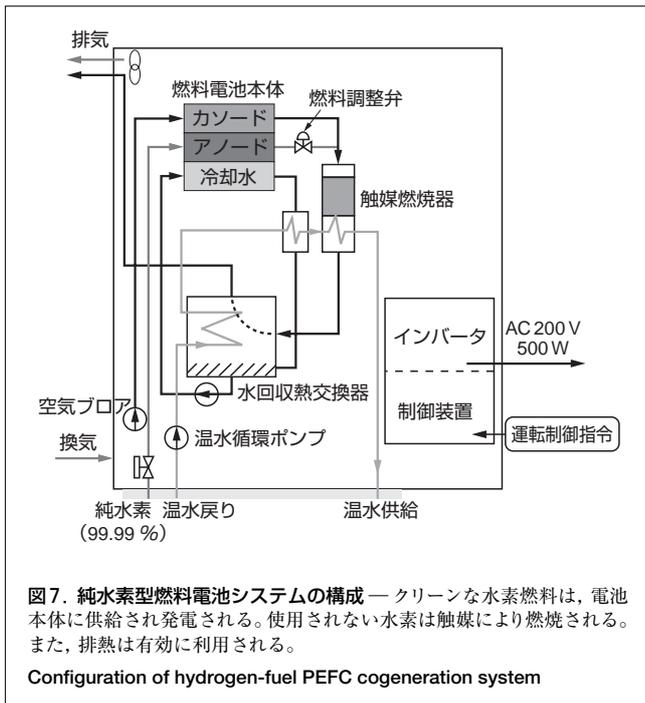
Hydrogen-fuel PEFC cogeneration systems: (a) prototype in FY2005 and (b) advanced model in FY2006

し、コンパクト化を実現した純水素型PEFCユニットの2005年度試作機の外観を図6(a)に示す。また、2006年度開発機種は、2005年度試作機に比べPEFCユニットのいっそうの高効率化とメンテナンス性の向上を達成し、熱利用ユニットの奥行き寸法を150mm短縮した(図6(b))。

2006年度から、複数台の純水素型燃料電池コージェネレーションシステムを集合住宅に設置して基本データを収集後、2007年度から居住実験を開始する。

### 3.2 システムの構成と仕様

純水素型燃料電池システムの構成を図7に示す。燃料電池本体で発電に使用されずに排出される水素を、触媒燃焼



器により熱に変えている。触媒燃焼器からも熱回収することにより高い排熱回収効率を達成するとともに、燃料電池本体の水素利用効率を変化させることによって熱電比を変更できるシステムとした。また、短時間で起動停止ができるため、負荷に応じた起動・停止が可能である。

2006年度開発目標仕様と、設計評価試験用に試作した社内試験機の実績を表2に示す。定格500W出力時の発電効率は46.0% (HHV)、排熱回収効率は33.2% (HHV)を達成し、総合効率は79.2% (HHV)であった。また、パッケージ寸法は30(幅)×44(奥行)×125(高さ)cmであり、パッケージ容量165Lを達成した。

表2. 2006年度開発目標仕様と社内試験機の実績  
Performance achieved by hydrogen-fuel PEFC cogeneration system vs. target specifications

項目	2006年度開発目標仕様	社内試験機実績
定格出力	500 W	←
最低出力	210 W	←
燃料	水素 (99.99%)	水素 (99.99%)
発電効率	46% (HHV) 以上	46.0% (HHV)
排熱回収効率	30% (HHV) 以上	33.2% (HHV)
貯湯温度	60℃以上(電主運転時)	62℃
出力電圧	AC100 V / 200 V 単相三線	←
運転方式	系統連系	←
周波数	50 Hz/60 Hz 共用	←
起動停止方法	窒素レス	←
起動時間	冷起動：4分以下 暖起動：2分以下	←
寸法	30(幅)×44(奥行)×125(高さ)	←
質量	—	98 kg (乾燥質量)

### 3.3 今後の開発計画

この技術開発において、家庭用燃料電池と同様に、地球環境対策に大きく貢献できるアプリケーションであることを証明した。また、集合住宅のパイプシャフトスペースに設置可能となる165Lパッケージにすべての機器を納めることに成功した。国土交通省によるこの技術開発において、集合住宅での居住実験は2007年度末まで計画されている。

## 4 あとがき

1kW級家庭用燃料電池については、2年間の運転実績と特性変化を把握し、このプロジェクト終了時まで課題を解決して、価格低減を行いつつ鋭意商品化を目指していく。

「集合住宅における水素供給燃料電池コージェネレーションシステムに関する技術開発」では、高効率純水素利用燃料電池の普及に資する信頼性と耐久性に関するデータを今後も収集していく予定である。

## 謝辞

この論文を取りまとめるにあたりNEDO, NEF, 国土交通省、及びこの事業に携わった関係各社に深謝申し上げます。



岩崎 和市 IWASAKI Waichi

電力システム社 燃料電池事業開発室参事, 工博。定置用燃料電池の事業開発に従事。技術士(応用理学)。  
Fuel Cells Business Promotion Dept.



金子 隆之 KANEKO Takayuki

東芝燃料電池システム(株) プラント技術部主務。  
定置用燃料電池システムの開発・設計に従事。  
Toshiba Fuel Cell Power Systems Corp.



坂田 悦朗 SAKATA Yoshiaki

東芝燃料電池システム(株) 機器開発部担当。  
燃料電池システムの機器の開発・設計に従事。  
Toshiba Fuel Cell Power Systems Corp.