

定置用固体高分子型燃料電池システム

Development of Stationary PEFC Systems

松田 昌平

MATSUDA Shohei

佐々木 広美

SASAKI Hiromi

狩野 昭雄

KANO Akio

高橋 元洋

TAKAHASHI Motohiro

固体高分子型燃料電池は、低温動作が可能でかつ出力密度が高くコンパクトであることから、様々な分野で開発が積極的に進められている。東芝インターナショナルフュエルセルズ(株)では、定置用電源として、純水素燃料30kWシステムと業務用5kWシステムを開発している。純水素燃料30kWシステムは、将来の水素エネルギー社会にふさわしい発電システムと位置づけ、その設計・製作を行い、工場試験により運転特性を確認した。現在、フィールドにて順調に運転検証を進めている。また、業務用5kWシステムは、国内をはじめ米国や欧州の市場も視野に入れて、高信頼性電力供給や熱併給発電を行うエネルギーシステムとして開発・設計を行い、2002年には試作機を製作して工場試験により運転特性を確認した。現在、この試験結果をベースに実用機の開発・設計を進めている。

Polymer electrolyte fuel cell (PEFC) systems are being aggressively developed for various applications due to their high power density and low operating temperature. Toshiba International Fuel Cells (TIFC) has developed two stationary systems: a hydrogen-fueled 30 kW system and an NG/LPG-fueled 5 kW system. The performance of the 30 kW system has been verified and it will be installed at a customer site. The 5 kW system is designed for worldwide applications, such as assured power and combined heat and power (CHP). TIFC will accelerate development of the 5 kW system for light commercial applications.

1 まえがき

燃料電池は、その良好な環境特性から、多様なアプリケーションが可能なクリーンエネルギーとしてクローズアップされている。そのなかでも、特に固体高分子型燃料電池は、低温動作が可能で、かつ出力密度が高くコンパクトであることから、自動車用、定置用、可搬用電源として様々な分野で開発が活発に進められている。

ここでは、当社が開発を進めている定置用固体高分子型燃料電池システムとして、純水素燃料30kWシステムと業務用5kWシステムについてその特長や構成について述べる。

2 純水素燃料 30 kW システム

2.1 概要

将来の水素エネルギー社会にふさわしい発電システムとして、純水素利用の固体高分子型燃料電池システムの実用化が期待されている。純水素を燃料とする燃料電池システムは、燃料処理装置が不要であることと、電池本体で水素を極力使い切る高利用率運転ができることから、より高効率でコンパクトな燃料電池システムが期待できる。

2.2 システム構成と仕様

純水素燃料30kWシステムの基本構成を図1に、目標仕様を表1に示す。システムは水素のエネルギーを直流(DC)電力に変換する燃料電池本体、回転機や凝縮器などの補機類、電池本体からの直流を交流(AC)に変換する電力変換系、及び制御装置を一つのパッケージに収納している。純水素

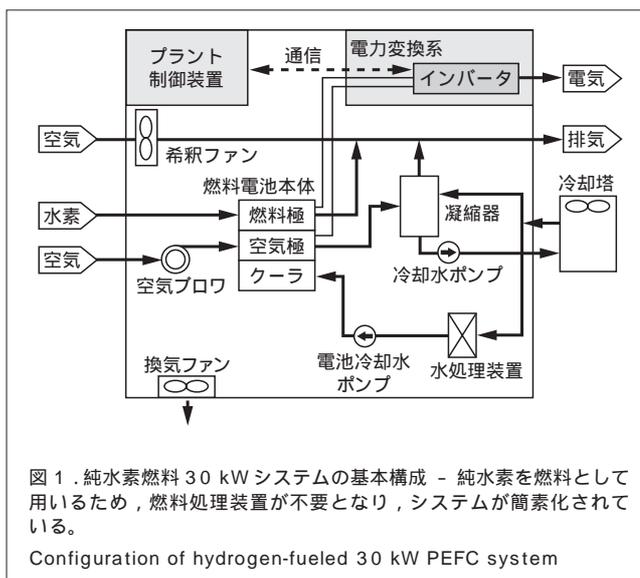


表 1 . 純水素燃料 30 kW システムの目標仕様
Target specifications of hydrogen-fueled 30 kW PEFC system

項目	仕様
定格出力(AC送電端)	30 kW
発電効率(AC送電端)	50%(LHV基準)
燃料	純水素
運転圧力	常圧
発電形態	系統連系
起動時間	10分以内
パッケージ寸法	幅2.0 m × 奥行1.5 m × 高さ1.8 m
パッケージ質量	2,000 kg
設置場所	室内/屋外

を燃料として供給するため、従来の炭化水素燃料を水素リッチガスに改質するための燃料処理装置が不要となっている。電池本体から排出される若干量の未反応水素はシステム簡素化の観点から、外部空気によって混合希釈させてプラント外部に排出する構成とした。

送電端発電効率は低位発熱量(LHV)基準で50%を、冷起動時間は10分以内をそれぞれ目標とした。

2.3 構成機器の特長

2.3.1 燃料電池本体 プラント効率向上及び未反応水素の希釈ファンの動力を低減するために、高水素利用率(96%以上)での安定運転が重要なポイントとなる。これを達成するために、燃料電池本体は、①カソード(空気極)に液体の水を供給して冷却を行う潜熱冷却方式と、②電池スタックを二つのブロックに分割して、水素を並列4本の主スタックに供給した後に、その排水素を1本の従スタックに供給する分割スタック方式を採用した。

定置用純水素燃料30 kWシステムの、実際の運転における5セルごとの電圧分布を図2に示す。4本の主スタック(各170セル)及び1本の従スタック(120セル)ともに、均一で高性能な電圧分布が得られている。

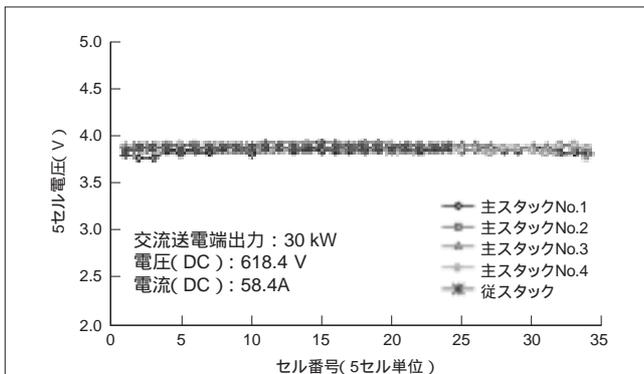


図 2 . 30 kW 燃料電池のセル電圧分布 - すべてのセルが均一な電圧分布特性を示すことが確認された。
Cell voltage distribution of 30 kW cell stacks

2.3.2 電気制御系 5本の電池スタックからのDC出力は、直列結線によりDC600Vで取り出し、インバータ及びトランスによりAC200Vに変換して商用系統にAC電力を供給するとともに、プラント内の補機動力にも利用している。低コスト及び小型化を考慮して、制御装置には汎用シーケンサを使用している。起動時間が短いことからインバータの運転機能は系統連系専用とした。

2.3.3 パッケージ この発電システムのパッケージ構成を図3に示す。パッケージは貨物用エレベータで搬送できる幅2,000 mm × 奥行1,500 mm × 高さ1,800 mmとなっている。

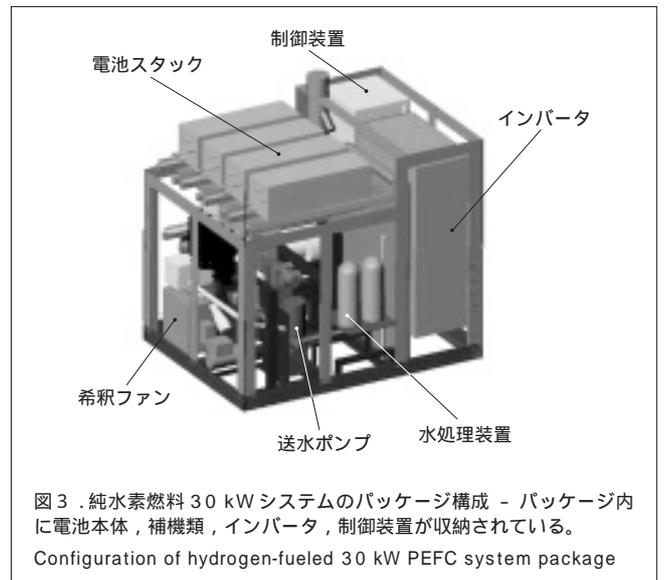


図 3 . 純水素燃料 30 kW システムのパッケージ構成 - パッケージ内に電池本体、補機類、インバータ、制御装置が収納されている。
Configuration of hydrogen-fueled 30 kW PEFC system package

電池本体は、4本の主スタックをパッケージ最上部に、従スタックをその下に設置することにより、加湿水の排出性とメンテナンス性を向上させている。ポンプやブロワなどの回転機は、インバータによる可変速制御を用いて、制御弁の削減による配管システムの簡素化とともに補機動力の低減を図っている。

水素燃料を取り扱うことから、パッケージ内部は可燃性ガスを扱う部分(燃料室)と電気品の部分(電気室)に区分して、パッケージ換気は負圧換気方式を採用している。換気の流れ方向は、パッケージ底面から上部のスタック回りに向けた上昇流とし、水素が漏れた場合でも滞留しないようにした。また、電池で利用されない未反応水素は、希釈ファンで空気と混合させて速やかに希釈排出し、起動・発電運転・停止の各スタートにおいても可燃下限界の1/4(25% LEL(爆発下限界))以下となるように希釈ファン風量を設定している。

2.4 今後の予定

定置用純水素燃料30kWシステムは、2002年度上期に工場試験によりプラント特性と運転信頼性を確認した後、下期

から実際に副生水素を発生する化学プラントと組み合わせてフィールド試験を開始した。フィールドでは、1年間の検証試験を行い、システムの運転特性を評価する予定である。

3 業務用 5 kW システム

3.1 概要

業務用 5 kW システムは、当社と UTC フュエルセルズ社並びにハイドロジェンソース社 (UTC フュエルセルズ社とロイヤルダッチシェル社の合併会社) であり、燃料処理系機器に特化した開発会社) の 3 社が燃料電池の本格商用化を目指し、米国、欧州、日本の市場を視野に入れて、世界規模で開発を進めている高信頼性電力供給や熱併給発電を行うエネルギーシステムである。国内では、POS (Point Of Sales) や情報端末の設置により電力負荷が急増しているコンビニエンスストア、給湯熱需要の大きいファミリーレストランなど、都市部の業務用分散電源として期待されている。世界市場を視野に入れた量産効果により、発電システムのコストダウンを図っている。

3.2 システムの仕様

業務用 5 kW システムの目標仕様を表 2 に示す。仕様の策定にあたっては、国内の高信頼性電力供給及び熱併給発電の市場に加え、特に米国でニーズの高いリゾート地域などにおける系統独立電源や大型住宅向けの高信頼性電源、更には欧州における熱併給発電の各市場の要求をベースとしている。

表 2 . 業務用 5 kW システムの目標仕様
Target specifications of 5 kW PEFC system

項目	仕様
定格出力 (AC 送電端)	5 kW
発電効率 (AC 送電端)	35 % (LHV 基準)
燃料	都市ガス又は LPG
発電形態	系統連系 / 独立
騒音	50 dB (A) 以下
起動時間	30 分以内
設置場所	室内 / 屋外
運転方式	完全自動

以下に、このシステムの特長を述べる。

- (1) 定格出力 米国の住宅用電源として必要である 5 kW を定格出力とした。欧州では小規模集合住宅 (コミュニティ)、国内では業務用としての適用を考えた。
- (2) 発電効率 商用機の仕様として 35 % を目標とした。
- (3) 燃料 都市ガス及びプロパンガス (LPG) に対応できる。特に欧州の諸都市で供給されている窒素分を含む都市ガスにも対応が可能である。

- (4) 発電形態 一般的な熱併給発電に必要な系統連系機能に加え、無電力地区への適用も考慮して独立運転機能を持たせた。
- (5) 騒音 住宅地近郊のコンビニエンスストアやファミリーレストランへの設置を考慮して、騒音は 50 dB (A) 以下とした。
- (6) 起動時間 起動特性に優れた新型燃料処理装置の採用により、短時間起動が可能である。
- (7) 適用法規 国内のみならず米国や欧州をターゲットとするため、米国規格協会 (ANSI) 規格やヨーロッパ安全規格 (CE 規格) にも準拠することとした。

3.3 システム及び構成機器の特長

3.3.1 電池本体 UTC フュエルセルズ社の標準型電池を採用している。定置用以外の用途に適用される電池本体との共有化を図ることにより、量産効果によるコストダウンが期待できる。

3.3.2 燃料処理系 ハイドロジェンソース社の開発した新型燃料処理装置を採用した。このシステムに搭載した燃料処理装置は、改質器と一酸化炭素変成器、並びに熱交換器を一つの容器に組み込んだ複合反応器であるため、従来と比較して大幅な機器の小型化を達成できる特長がある。そのため、量産コストを大幅に低減できる可能性がある。

3.3.3 電気制御系 電力変換装置は、系統連系 / 独立運転機能及びバッテリーとの連系が可能なシステムを採用している。これにより、系統連系運転及び無電力地区での電源装置として使用できる。更に、太陽光発電及び風力発電などと連系したシステムとして使用することも可能である。

3.3.4 補機系 燃料電池システムには、電池本体や燃料処理装置などの主要機器のほかに、ブロワやポンプなどの回転機、熱交換器、計装・制御系が使われている。

回転機については、すべて直流ブラシレスモータを採用し、可変速制御を行っている。ブロワの可変速制御により、調節弁を削除してシステムを簡素化するとともに、補機動力を低減して発電効率の向上を図った。また、燃料を昇圧するブロワは可燃ガスを取り扱うために、安全性を考慮してキヤンドタイプブロワを採用した。

熱交換器については、もっとも大きなサイズである排熱冷却塔の伝熱部形状及び材料選定による高性能化を行い、機器の小型化を達成するとともに、冷却空気量を低減してファン動力の低減と低騒音化を行った。また、その他の熱交換器の多くは反応器と複合化することにより、シンプルな機器構成となっている。

計装系に関しては、家電機器などで使用されている量産化技術をベースにした装置を採用し、低コスト化を図った。

3.3.5 サブユニット構成 このシステムは、機能ごとに五つに区分されたサブユニット構成となっており、各々の

ユニット単位で組み立てられた後、総組みされる。量産にあたっては、それぞれのサブユニットは専門工場にて組み立てられた後、最終組立て工場にて製品に仕上げることが基本コンセプトとしている。これにより、部品供給メーカーへサブ組立て品としての発注を可能とし、最終組立てラインを簡略化することができる。サブ組立て化により、量産コストの低減が期待できるとともに、最終組立てラインの設置が容易となる特長がある。

3.3.6 パッケージング 5 kW システムのパッケージ外観を図4に示す。

パッケージは設置面積の小さいトルボーイ型を採用している。設置面積を抑えたことにより、設置スペース面で制約の多い日本及び欧州でも設置しやすい形状とした。また、米国規格のドアを通過できるサイズにしているため、米国の一般住居の地下室にも搬入可能である。



3.4 今後の予定

業務用 5 kW システムの試作機は、2002年9月から発電試験を開始し、経時特性をはじめとする各種検証試験を実施している。また、試作機の実績をベースにして、更なるシステム簡素化とコストダウンを推し進めた実用機の開発、設計を進めており、2003年にはフィールド試験機を製作する予定である。この試験機は、世界各地のフィールドに据え付けて、

本格商用機の製作開始に先立った各種検証試験を行う計画である。

4 あとがき

燃料電池システムは、環境保全に優れたエネルギー社会の実現に大きく貢献する可能性を持つ発電装置である。特に固体高分子型燃料電池は、低温作動が可能でかつコンパクトにできることから広く普及することが見込まれている。

このような燃料電池システムが本格的に普及していくためには、経済性が成り立つことが必要である。特に定置用燃料電池システムでは、発電システム自体のコストダウンに加えて、運転コストに大きく影響する都市ガスやLPGの燃料コストの低減も大きな課題となっている。人類共通のエネルギー問題は、製造業者のみならず燃料供給事業者とも協力し合い、総合的に解決していくべきと考える。

なお、30 kW システムは、WE - NET (水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術) プロジェクトの一環として開発したものである。また、5 kW システムは、米国 UTC フュエルセルズ社との共同開発により、当社がプラントの設計、製作、試験を担当したものである。



松田 昌平 MATSUDA Shohei

東芝インターナショナルフュエルセルズ(株) 機器開発部グループ長。燃料電池機器及びプラント設計・開発に従事。日本機械学会会員。

Toshiba International Fuel Cells Corp.



佐々木 広美 SASAKI Hiromi

東芝インターナショナルフュエルセルズ(株) 機器開発部主務。燃料電池システムの機器設計業務に従事。日本機械学会会員。

Toshiba International Fuel Cells Corp.



狩野 昭雄 KANO Akio

東芝インターナショナルフュエルセルズ(株) 電池技術開発部。固体高分子型燃料電池の電池本体の開発に従事。

Toshiba International Fuel Cells Corp.



高橋 元洋 TAKAHASHI Motohiro

東芝インターナショナルフュエルセルズ(株) プラント技術部参事。燃料電池プラントのシステム設計・解析業務に従事。化学工学会会員。

Toshiba International Fuel Cells Corp.