

トピックス

本格的商用化段階を迎える 家庭用燃料電池コジェネレーションシステム

辻 庸一郎

松下電器産業株式会社 くらし環境開発センター FC事業開発室

〒570-8501 大阪府守口市八雲中町3-1-1

1. はじめに

家庭用燃料電池コジェネレーションシステムは、発電の際生じる熱エネルギーをお湯に変換することで総合効率80%以上を得ることができ、高い省エネ性とCO₂排出量削減効果を得ることができる。このシステムは、今年3月に政府が発表した、世界の温室効果ガス排出量削減を目指すための「Cool Earth—エネルギー革新技术計画」における、21の重点技術の一つに選定されるなど、新しいエネルギーを創出する環境商品として、また、今後の市場成長が見込める新規事業として期待されている。

一方、松下電器では21世紀の事業ビジョンの一つに「地球環境との共存」の実現を掲げ、2010年を目標としたグローバルな環境行動計画「グリーンプラン2010」に基づいて環境経営を推進している。その中で当社は、燃料電池を環境立社の重点事業として位置づけ、その実用化の第1段階として家庭用燃料電池コジェネレーションシステムの開発を行っている。



図1 システム外観写真

当社では、2005年2月から商用機として1kW級燃料電池コジェネレーションシステムを市場導入し、その1号機を首相新公邸に納入して以来、大規模実証事業を通じて平成19年度までに285台を市場に設置、稼働させている。

本報では、図1に示す、4月に発表した新しい当社のシステムに関して、商品仕様の概要と技術開発の内容について紹介する。

2. 家庭用燃料電池コジェネレーションシステムの概要

今回、新開発したシステムは、これまでの大規模実証事業で得られた使用状況や機器データを検証・活用し、2008年度に実施する新たな大規模実証事業への導入に向けて開発したものである。

燃料電池コジェネレーションシステムに対する基本的な考え方として、このシステムが、お客様に対して「安心、安全」で「メリット」を感じて頂ける商品でなければならぬと考えている。したがって、システムの開発にあたっては、一次エネルギーやCO₂の削減効果につながる「効率」、安心して使って頂ける「耐久性」と「安全性・品質」を最優先に確立し、加えて普及、事業拡大の要である「コスト」についても削減に向けて取り組んでいる。

まずお客様のメリットにつながる発電効率の向上に向けて、2005年度から実施した大規模実証事業でのシステムの使用状況の分析を行った。その結果から、一般的な家庭で運転した場合、図2に示すように、発電出力は500W～1kWの間で使われることが多いことが判明したため、この運転頻度の高い発電出力の範囲（500～1000W）全域での実使用効率の向上を目指した。

図3および、表1、2にこのシステムの仕様、および性能を示すが、定格発電において世界最高となる38%（LHV）以上の発電効率を実現、さらに750W時の発電効率は39%（LHV）を達成した。1000W時の排熱回収効率55%と合わ

せると、原料ガスの持つエネルギーの90%以上を有効に使えることになる。

また、「耐久性」については、劣化メカニズムから導き出した加速試験法により、40000時間の運転と起動停止4000回が可能であることを予測、あるいは確認し、耐用年数10年以上を想定した住宅設備機器としての耐久性を確保した。

最後に、「安全性・品質」については、これまでの大規模実証で得られた情報をもとに、安全性の確保、故障率の低減が実現できるように設計に落とし込んでおり、今年度の大規模実証で検証を行う予定である。

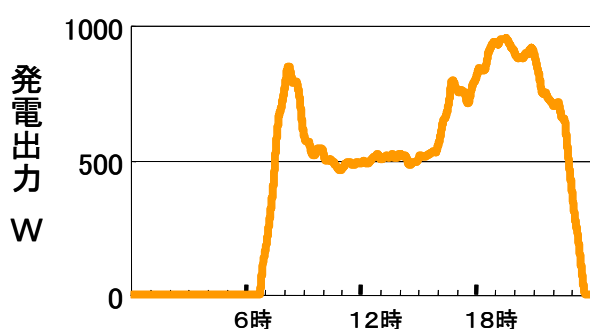


図2 実住宅での発電パターン例

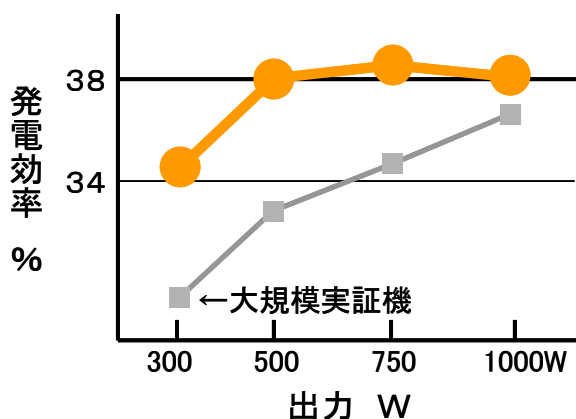


図3 出力に対する発電効率

今回開発した新システムを一般的な家庭に導入して運転した場合、一次エネルギーを導入前に比べ22%（年間運転した場合、3262kWh）削減できると予想され、当社従来比で約1.4倍に向上した。CO₂排出量は全電源・原単位（すべての電源平均の発電所CO₂排出原単位）による試算で12%（年間330kg-CO₂）削減が可能である。また、大規模実証事業の新エネルギー財団試算式（火力発電所のCO₂排出原単位）の場合は、37%（年間1175kg-CO₂）削減

となる。

このほか、新システムでは本体重量を約30%軽量化、本体設置奥行きも37cm短くし、設置性も改善させるとともに、両サイドからのメンテナンスを可能にすることで、より幅広いお客様の設置環境に対応ができるようにした。

システム外観は図1に示すように、環境商品としての「際立ち」と、生活空間、建物との「調和」を目指して、校倉造りをイメージした波形サイディングのウォームシルバー色とした。

表1 燃料電池コジェネレーションシステムの製品仕様

製品仕様	
項目	仕様および内容
燃料種	都市ガス (13A)
電気出力	300~1000W (送電端電力)
運転モード	DSS~連続
負荷追従制御	有り
寸法	本体：780(W)×400(D)×860(H) 貯湯：480(W)×750(D)×1883(H)
重量	本体125kg、貯湯125kg
電気利用形態	系統連携
熱利用形態	成層式貯湯槽蓄熱

表2 燃料電池コジェネレーションシステムの性能

性能	
項目	性能
発電効率	100%出力時：38%LHV 75%出力時：39%LHV
排熱回収効率	100%出力時：55%LHV 75%出力時：50%LHV
給湯温度、容量	60℃以上、200L

3. 各要素デバイスの開発内容

3-1 燃料電池スタックの開発

燃料電池スタックはシステムの発電部となる重要デバイスであるが、新規商品であることから長期運転の実績が少なく、耐久面での信頼性を確立することが重要であった。

スタックおよびその構成部品であるMEA (Membrane Electrode Assemblies) の劣化メカニズムを解析した結果、下記の3つの原因により劣化することが明らかとなった。

- (1)電解質膜の破壊による突然劣化
- (2)触媒の活性低下
- (3)反応生成水の詰まりによるガス拡散阻害

この解析に基づき、電解質膜、触媒などの材料の耐久性

を改善した。また、低加湿運転で電解質膜の分解が進むことから、相対湿度100%を維持できる運転に適したMEA、セパレータのガス流路、締結構造などの設計の最適化を行った。

図4にフルスタックでの耐久試験状況を示す。23000時間経過時点で1μV/h以下の劣化率を維持しており、加速試験による予測によって、40000時間後も10%以内の電圧低下となる見通しである。起動停止においても4000回の耐久性を確認しており、耐用年数10年を想定した耐久性は確立できたと考えている。

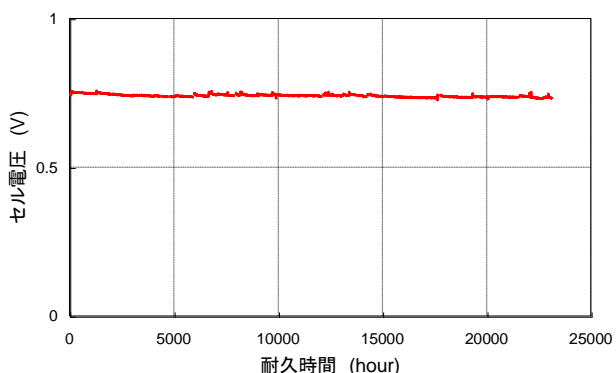


図4 フルスタックの耐久試験状況

3-2 燃料処理機の開発

燃料処理機は小規模な化学プラントであり、その安定性には化学反応条件の精密な制御が求められる。一方、構造体としても、高温と低温を繰り返す起動停止が多いため、機械的な強度を確保し、安定運転する耐久性が求められる。

燃料処理機の開発にあたっては、触媒反応も取り入れたシミュレーション技術を駆使して、反応器の熱流体・構造解析、反応シミュレーションを行い、効率的な開発を行っている。特に多様な燃料ガスに対応できる高性能、高耐久触媒材料開発、高反応効率と耐久性、小型化が可能な構造体設計に注力し、その結果、燃料処理機の改質反応に対してSC (スチーム炭素比) とλ (空気燃料比) が変動しても、初期から耐久劣化後にわたって余裕度を確保し、その運転可能領域は従来機の1.7倍に拡大した。

また、従来、改質部、変成部、選択酸化部が分割構成であったため、小型化、高効率化が困難であったが、今回、図5に示すように、3つの反応部を一体構成化することで小型化するとともに、熱損失を低減させて高効率化を実現した。



図5 燃料処理機の外観

3-3 インバータの開発

インバータの開発にあたっては、実際の運転における稼働比率の高い出力領域の変換効率を向上させるため、電圧昇圧時に発生する熱ロスハード、ソフト両面の取り組みから低減する取り組みを行った。

インバータは以下の2つの要素から成り立っている。

- (1)昇圧コンバータ・・・直流/低電圧を高電圧化
- (2)系統連携インバータ・・・直流出力を交流200Vに変換し、系統に連携する

そこで、IHなどの白物家電インバータで培った電力制御技術を、昇圧コンバータ部に応用し、全域でソフトスイッチングを可能にした。これにより、パワートランジスタの熱ロスを大幅に低減でき、図6に示すように、実用域、特に300~750W出力域で高効率化することが出来た。

これらの機器性能と想定されるシステムでの制御ばらつきとをすりあわせ、長期にわたる性能を確保する仕様を確立した。

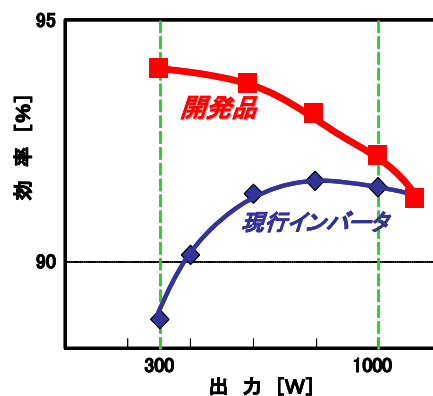


図6 出力に対するインバータ効率特性

3-4 学習制御技術

高効率な機器を実使用にあわせて、より最適条件でシステムを運転させることにより、さらなる省エネ性を得ることが可能となる。松下電器では、自社開発のニューロアルゴリズムに基づいた学習制御ソフトを開発し、システム運転制御ソフトに内蔵しており、各家庭での使用パターンを学習し、熱負荷、電力負荷に合わせて効率を極大化できるシステムの運転を実現している。社内の実証試験では、1次エネルギー削減率で最大25%の削減効果を確認できた。

4. おわりに

2005年から大規模実証として始まった燃料電池コージェネシステムの実用化は、2009年度の商品機導入を皮切りに、本格普及へ向けた取り組みが進められる。そこでの最大の課題はやはり「コスト」である。当社においても普及機の目標である60万円に向けてさらに開発を加速していく。

そのためには、各デバイスおよびシステムの独自技術開発と、基本仕様の統一などの業界連携、さらに量産効果といった三位一体の取り組み効果が必要である。現時点においても複数の国プロに参画し、共用化、高性能化の開発を進めているが、今後もこのようなコラボによる技術力の融合を積極的に推進していく予定である。

松下電器では、燃料電池コージェネレーションシステムを新たなエネルギーを創出する「創エネ事業」と位置付け、現在、滋賀県草津地区に新工場を整備して操業開始の準備を進めている。今年6月には2008年度の大規模実証事業向けの生産を開始、2009年度から量産を始め、本格的な事業化に取り組んでいく。

地球温暖化対策の重要性がますます大きくなっている現在において、お客様に「発電」する喜びとメリットを感じて頂き、さらに地球環境にも貢献できる商品を目指して今後も開発を進めていきたいと考えている。