

東京ガスにおける家庭用燃料電池 コージェネレーションシステムの商品開発について

小池 俊一

東京ガス株式会社技術開発部 PEFC プロジェクトグループ

105-0023 東京都港区芝浦 1-16-25

Commercialization of PEFC Co-generation System for Residential Use

Shunichi Koike

PEFC Project, Technology Development Department, Tokyo Gas Co., Ltd.

1-16-25, Shibaura, Minato-ku, Tokyo, 105-0023

Tokyo Gas has been conducting intensive research and developments of fuel cells including polymer electrolyte fuel cell (PEFC). PEFC has desirable characteristics, such as easy start-up and shutdown, compactness and light-weight etc., for a small scale co-generation system (co-gen). Counting on them, R&D on natural gas fuelled PEFC co-gen for residential application in Japan has been conducted. Our activities relating to residential PEFC co-gen include establishment of a specification of PEFC co-gen fitting market requirements, development of integrated fuel processors, and evaluation of the performance through operation tests and field trials. In this paper, these activities towards the first market introduction is reported.

Key words: PEFC, co-generation, saving energy, reduction of CO₂,

1. 緒 言

京都議定書が発効され、二酸化炭素排出抑制はさらに重要度を増した。特に、今後も二酸化炭素排出量の増加が予想される民生用分野では決定的なツールがない状況であり、燃料電池の実用化は急務である。このような状況の下、東京ガスでは、荏原パワード株式会社(以下、EBC)、松下電器産業株式会社(以下、松下)各社と共同開発を行ってきた固体高分子形燃料電池 (PEFC) を用いた家庭用燃料電池コージェネレーションシステムについて、世界に先駆けて 2005 年 2 月 8 日より限定的に市場投入を開始した。本稿では、市場導入したシステムの仕様等について報告する。

2. 家庭用燃料電池の仕様

システムの主な仕様を表 1 に、概観を図 1 に示す。なお、仕様表では発電効率が 31%HHV 以上、熱回

表 1 システムの主な仕様

項目	EBC	松下	
燃料電池ユニット	定格出力	1kW	
	発電効率	31%(HHV)以上	
	熱回収効率	40%(HHV)以上	
	熱回収温度	60℃以上	
	本体寸法	800W 350D 800H	800W 375D 1000H
	重量(dry)	158kg	175kg
貯湯ユニット	騒音(発電)	43dB	44dB
	本体寸法	800W 530D 1850H	850W 510D 1900H
	重量(dry)	154kg	140kg
	タンク容量	200L	
	最大使用圧力	0.4MPa	
バックアップ熱源機	有り		

収効率が 40%HHV 以上となっているが、実際のシステムの実力値としては、それぞれ、33%HHV、45%HHV 程度となっている。



EBC 社製

松下社製

図 1. システム概観

また、実運用上では必ずしも定格運転をしている訳ではなく部分負荷で発電している時間帯も多い。従って、運転全体を通して高効率な発電を実現するためには、部分負荷特性が優れていることが重要である。図 2 に部分負荷効率を示す。グラフから分かるように、定格から 50%出力までは燃料電池の特性を活かし、発電効率がほぼフラットな特性を実現している。

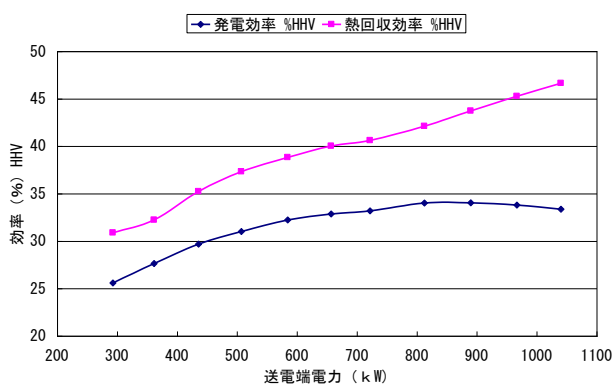


図 2 部分負荷特性

3. 商品化課題解決への取り組み

3-1. 燃料処理装置の開発

PEFC コージェネシステムにとって、燃料処理技術は高い性能を達成するため必須の技術である。当社は水蒸気改質、CO 変成器、CO 除去器、蒸発器及びその他の機能を一体化したことを特徴とし、コンパクト化と高効率を満たす燃料処理装置の開発を行ってきた。既に 83%(HHV)の改質効率とφ200mm×600mm(19L)の小容量を実証した燃料処理装置を開発したことは 2000 年に発表済みである。

この従来開発品は、その高効率化と小型化を実現するために 10 重管構造となっており、低出力運転

時の改質効率を高く維持できない傾向があった。これに対し今回の新開発品は、燃料処理装置内部の伝熱設計の最適化、触媒エンジニアリングによる最適な触媒組み合わせの実現などによって、従来開発品に対して低出力時効率を 5 ポイント上昇させるとともに、その重量を約 1/2 とする大幅な構造の簡素化(4 重管構造)に成功した。また、今回の構造の簡素化により、燃料処理装置の部品数、溶接線長、重量などを半減できたため、従来開発品に対する大幅なコストダウンが可能となった。さらに、燃料処理装置の重量と共にその熱容量も半減できたことで、システムの起動性についても一層の向上を見込むことができる。新開発品の概観を図 3 に特性を図 4 に示す。



図 3. 概観図

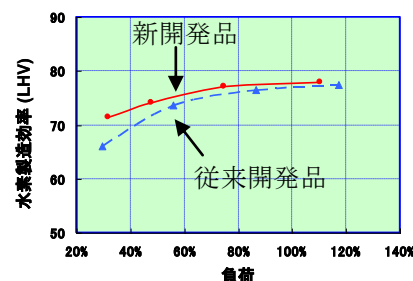


図 4. 特性図

3-2. 運転制御技術の開発

省エネ性、二酸化炭素排出抑制を最大限発揮するための運転制御システムを独自に開発した。これは過去データを基に 1 日単位で需要を予測し、風呂の湯張りなど、温水需要が大きい時間帯に合わせて貯湯槽の蓄熱を 100%近くとなるよう制御すると同時に、システムの耐久性やエネルギーロス低減の観点から、1 日 1 回程度の起動停止となるよう、その日の運転計画を自動的に決定するものである。

実際の運転状況の例を図 5 に示す。夜の温水需要ピークに合わせて午前中から発電を開始し、以降電力負荷追従を行いながら運転することで、PEFC コージェネの電力、温水共に有効活用できることが分かる。なお、お湯を余らせない運転を行うようにプログラミングされており毎日起動停止をすることを基本としているが、熱需要が非常に大きく、かつ、電力需要が 300W 以上ある場合で、省エネ性がより発揮できると計算される場合は、結果として毎日起動停止ではなく連続運転を行う場合もある。

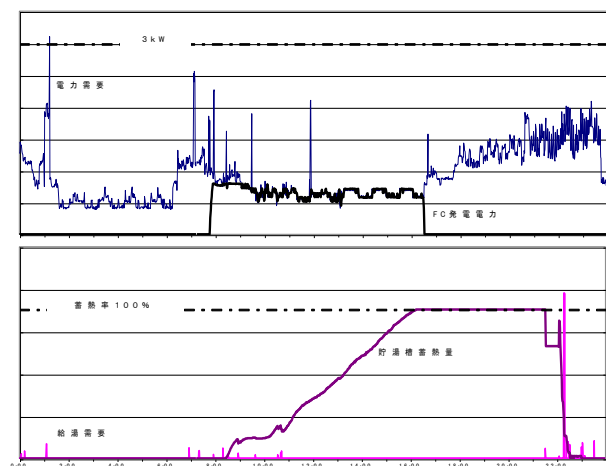


図5. 燃料電池の運転例

3-3. システムの耐久性

家庭用燃料電池コージェネレーションシステムの耐久性の考え方は、基本的には化学プラントと同様で、セルスタックの膜や電極触媒、燃料処理装置の各種触媒等を、起動停止や連続運転等の様々な運転状態で、ある程度の劣化範囲に抑える必要がある。同時にプラントを支える BOP 類（補機類）であるポンプやブロー、各種弁センサーの耐久性も確保する必要がある。

まず、燃料処理装置について述べる。家庭用燃料電池の燃料処理装置には、リン酸形燃料電池で開発された触媒を基本としており、連続運転については、ある程度の耐久性の見通しは得られている。大きな課題は、窒素パージ無しでの起動停止による耐久性である。図6は東京ガスで開発した燃料処理装置を実際のシステムと同じ手順で起動停止を繰り返した時の水素製造効率とメタン転化率を示している。1000 回までは、殆ど問題ないことが確認できた。又、システムにおいても、1000 回の起動停止後に連続運転での試験を継続しているが、特性は殆ど変化していない。セルスタックにおいては、電極触媒の起動停止および連続運転状態での触媒劣化に加えて、膜そのものが劣化しクロスリークを起こす現象を防ぐ必要がある。ここでも燃料処理装置と同様に起動停止による劣化を抑えることが重要である。図7にシステムに搭載した状態で起動停止を行った時のセルスタックの電圧変化の様子を示す。窒素パージ無しでの 2000 回以上の起動停止でも大きな劣化は見られていない。

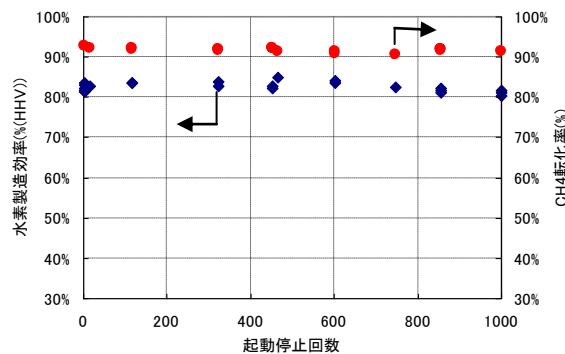


図6. 燃料処理装置の起動停止特性

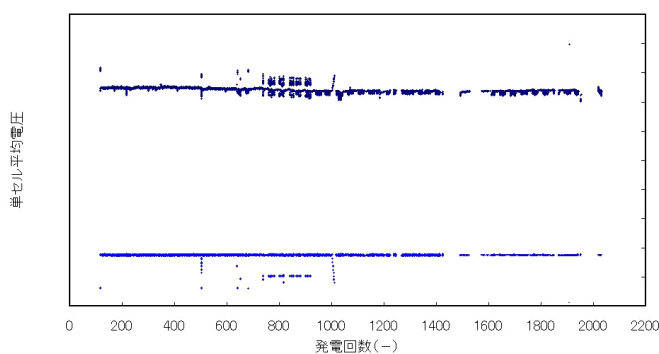


図7. セルスタックの起動停止時の電圧推移

3-4. 商品化開発

お客様のお手元に届けるためには、商品としての仕上げの開発を行わなければならない。具体的には、

- ① 性能から安全性までを含む機器仕様の決定と各仕様に対する試験方法の確立、さらには検証試験の実施と確認・改善
 - ② 設置・施工・メンテナンスに関わる仕様の決定と各仕様の検証・改善
 - ③ 取扱説明書、工事説明書、メンテナンス要領書等の各種ドキュメントの整備
- 等が上げられる。

家庭用燃料電池コージェネレーションシステムは、世界初の商品であったことから、安全性まで含めた基準は存在しなかった。東京ガスではメーカーと協力して、発電機に関するところは、日本電機工業会で作成した家庭用燃料電池の自主安全基準を参考に、給湯に関連するところは従来のガス消費機器の基準を参考にし、性能および安全に関する基準を

独自に策定した。基準は、構造一般、保護機能、電装関係、故障解析、耐環境性、機能・性能・貯湯ユニット性能の7つの構成となっている。これらの基準を用いて各種試験を実施し、基準に満たない事項については、メーカーに仕様の改善をお願いした。

同様に、設計、施工、メンテナンス、各種ドキュメント整備も一からの作りこみおよび検証を実施した。

3-5. 省エネルギー性

2004年度には商品機のプロトタイプ(2003年度タイプ)を用いて実際の家庭でのフィールド試験を6箇所で行い、運転制御技術の開発・実証や省エネルギー性の評価などを行った。実際の運転は、当然のことながら家庭の電力と給湯の需要に大きく左右され、運転時間で2000~4000時間/年のばらつきがあり、その間の平均出力は600W程度であった。運転時間に差がでた理由は2つあり、ひとつは給湯需要に合わせた運転制御であることから、給湯需要が小さい場合は運転しないこと。もう一つは現在開発しているシステムは電力需要が300W以上でないと起動しない制御になっていることから、電力需要が小さい場合に停止していたことである。特に後者は、最近の家電製品の待機電力が大幅に改善されていることが大きく関係しており、今後は300W以下の電力需要でも運転可能なシステム仕様にすることも検討している。

省エネルギー性は、家庭の需要を従来システム(火力発電所+ガス給湯器)で賄った場合と、PEFCコージェネ導入後の実績との差分により算出した。なお計算にあたっては、貯湯槽への蓄熱等による影響や、平日・休日の生活パターンの違いによる影響を考慮し、一週間連続の積算データを用いて計算を行った。その結果としては、電力と給湯の需要、特に給湯については水温の依存度が高いが、年間を通じて5~15%程度の省エネルギー性が確認できた。逆に現状のシステムにおいてこの程度の省エネルギー性を発揮するためには、ある程度の電力と給湯の需要がある家庭に設置することが望ましく、その目安としては、電力および給湯とも10kWh/日以上の需要があることが望ましいとの結果となった。

4. 今後の展開

4-1. 技術的課題

今後、普及を拡大していくための課題は性能向上を含めて複数あるが、特に重要なことは耐久性とコストである。耐久性については、最終的には10年相当(4万時間以上運転かつ4000回以上起動停止)が必要であり、早期に確認を行う必要がある。

一方で普及拡大のためには、コストダウンが避けて通れない。どんなに性能が良い物ができてもコストが下がらなければ、本格的な普及は見込めない。コストダウンは、技術革新によるもの、量産効果によるもの、の2方面から攻める必要がある。技術革新はメーカーに期待するものが大であり、量産効果については、メーカー間での部品の共用などの取り組みが重要である。後者については、その実現に向けてエネルギー会社やメーカー間での仕様の共通化などの協議がスタートしており、東京ガスとしても積極的に議論をしていきたい。

4-2. 市場導入

東京ガスとしては、家庭用燃料電池向けのガス料金を新設すると共に、一般ユーザー等を対象にしたFCパートナーシップ契約の締結によりシステム利用に関する運転データや使用感等の意見を収集、これを開発へフィードバックし、普及期に向けてシステムの性能を一段と高める計画で、新エネルギー財団が今年度から推進する「定置用燃料電池大規模実証事業」にも参画しながら、初期市場の形成を行っていく計画である。そして、2008年度以降、年間数千~数万台の販売を目指す本格的な普及をめざす。

5. 結 言

家庭用燃料電池コージェネレーションは、二酸化炭素排出量抑制等の環境問題とも絡んで、今後、世の中に普及させていくべきものである、しかしながら、本格的に普及させるためには、耐久性やコスト、一般消費者へのアピール度など、まだまだ解決すべき課題も多い。東京ガスは、関係各所と協力し「共に育てる燃料電池」との認識のもと、開発と普及を推進していく。