

JX日鉱日石エネルギーにおけるSOFC開発状況

南條 敦

JX日鉱日石エネルギー（株）

〒100-8162 東京都千代田区大手町二丁目6番3号

Development of Solid Oxide Fuel Cell System at JX Nippon Oil & Energy Corporation

Atsushi NANJO

JX Nippon Oil & Energy Corporation

6-3, Otemachi 2-chome, Chiyoda-ku Tokyo 100-8162

Abstract: We have been developing varied types of fuel cell systems using the petroleum as the fuel since 1980's. In October 2011, we launched residential SOFC cogeneration system powered by LPG and LNG based natural gas (category 13A).

Keywords: Solid Oxide Fuel Cell System; Enefarm; Residential; Combined Heat and Power; Cogeneration system

1. 緒言

JX日鉱日石エネルギー株式会社（以下「JXエネルギー」）は、1986年から石油精製で培った当社独自の水素製造技術や触媒開発技術・環境対応技術を利用し、燃料電池システムの研究開発を開始した。それから20年以上にわたる研究・開発・実証試験を続け、2009年より家庭用燃料電池システム「エネファーム」（PEFC）の販売を開始し、更に新型の家庭用燃料電池システムとして、世界初となるエネファーム type S (SOFC)（以下「SOFC」）の販売を2011年10月から開始した。この商品機について報告する。

2. SOFCシステムについて

エネファームは、家庭用のコージェネレーションシステムであり、燃料電池のタイプに拠らず、燃料電池本体が格納されている発電ユニットと、発電の際の排熱をお湯として蓄える貯湯槽ユニットで構成される（図1.）。発電ユニットの詳細については、水素と酸素（空気）で発電をするセルスタック、炭化水素系燃料（LPGや都市ガス等）からセルスタックの燃料となる水素を取り出す改質装置、発電時の燃料電池からの排熱を回収するための熱交換器、セルスタックで作られた電力を直流から

交流に変換するインバータと系統連系保護装置で構成されたパワーコンディショナ、補機類、制御装置で構成されている。貯湯槽ユニットは、お湯を蓄えるタンク、お湯がタンクにない場合もお湯を供給するバックアップボイラなどから構成されている。

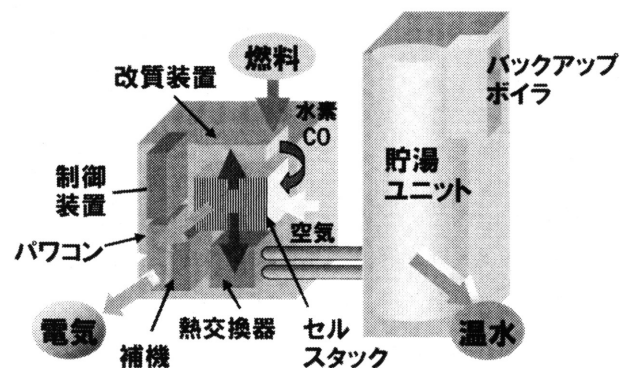


図1. エネファームtype Sの構成

3. SOFCの特長

当社のLPG仕様商品機におけるPEFCとSOFCの仕様の違いを表1に示す。どちらのタイプも定格出力は700Wであるが、発電効率については、SOFCのほうが高くなっている。また、SOFCは、セルスタックの作動温度が700°C程度と比較的高く、温度の上昇・下降に時間がかかるた

表1. SOFCとPEFCエネファームの違い (当社11年度仕様機による比較)

	SOFC	PEFC (LPG仕様機)
定格出力	700W	700W
定格発電効率/率 (LHV)	45%	37%
定格排熱回収効率 (LHV)	42%	52%
発電ユニット寸法	H900×W563×D302	H900×W900×D350
発電ユニット容量	153リットル	284リットル
発電ユニット重量	90kg	135kg
貯湯槽ユニット寸法	H1,760×W740×D310	H1,900×W750×D440
スタック作動温度	約700℃	約80℃
起動時間 (発電開始まで)	2時間	1時間以内
停止時間	数時間 (通常条件)	1時間以内
運転方法	電力負荷追従連続運転	給湯需要に応じたDSS(Daily Start and Stop)学習運転

め、起動や停止時間が長くなる。一方、PEFCは、運転温度も低く起動停止も比較的に簡単である。この特徴から、SOFCでは、家庭の電力需要に追従した連続運転方式であり、PEFCでは、家庭の給湯需要に応じた学習運転で、1日1回は起動停止することを基本とした運転方法となっている。

また、PEFCでは、燃料電池のセルスタックの直接的な燃料は、炭化水素系燃料と水の改質反応によって作り出される水素である。さらに、PEFCでは、電極に使用されている発電反応に必要な触媒が一酸化炭素により被毒されてしまうため、改質反応で作られた改質ガス中からシフト反応や、選択酸化反応等の一酸化炭素除去の機構が必須となる。SOFCでは、電解質を移動する伝導イオンが酸化物イオンであるため、発電するための燃料として水素だけでなく一酸化炭素も燃料とすることができる。つまり、SOFCのセルスタックでは、一酸化炭素により被毒されないだけでなく、一酸化炭素も燃料とすることもできるため、一酸化炭素を除去する機構を必要としない。これによりPEFCよりもSOFCは、よりシンプルなシステムフローにすることができ、発電ユニットの小型化が可能である。このシンプル化の違いが発電ユニットの寸法の違いやユニットの重量の違いとなり、SOFCの方がよりコンパクトな製品となっている。図2.に2011年10月から販売を開始した商品機の外観を示す。

4. 実証研究の成果

商品化に先立って、07～10年度に実施された (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構、(財) 新エネルギー財団のSOFC実証研究に参画し、実際の使用場所であ

る家庭におけるフィールド試験を実施した。07年度には、LPG仕様機1台、灯油仕様機1台を、それぞれ会社関係施設に設置して運転を行ったのをはじめ、08年度には、LPG仕様機1台を一般住宅に追加して設置し、運転を行った。09年度には、LPG仕様機を14台、灯油仕様機1台設置し、10年度には、LPG仕様機27台、灯油仕様機1台を設置した (表2)。東北から九州まで、広い地域で実証を実施や継続して運転を実施することによりフィールドでの性能、信頼性および耐久性の確認を行なった[1]。

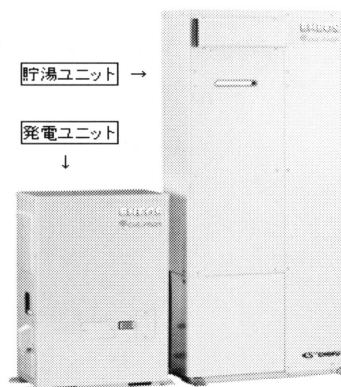


図2. 商品機の外観

表2. 実証研究での設置台数

	FY07	FY08	FY09	FY10	合計
東北			2	2	4
関東甲信越	2 (1)	3 (1)	10 (1)	20 (1)	35 (4)
近畿			1	1	2
中国				1	1
四国				1	1
九州			2	3	5
計	2 (1)	3 (1)	15 (1)	28 (1)	48 (4)

注： () 内は灯油仕様機の台数を示す。

以下、実証研究で得られた成果の一部について示す。

図3. に冬の実証サイトで得られた1日の運転データ例を示す。電力需要が定格出力を上回っている期間では、700Wの発電であり、定格以上の電力需要に対しては、系統から供給される。家庭の電力需要が低い時には、家庭用の太陽電池システムなどとは違って、需要にあわせて出力を調整し、系統への逆流はしない制御を行なうシステムとなっており、負荷追従運転を実施する。家庭での電力消費が多かった図の例では、1日の平均発電出力は629Wであり、平均の発電効率は、42%、排熱回収効率は41%であった。

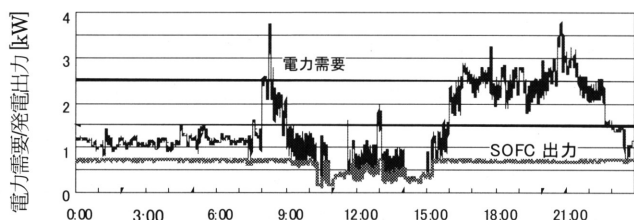


図3. 1日のシステムの運転状況

また、図4. には、2009年度と2010年度のLPG仕様機の実証研究において、各サイトでの各月の電力需要と家庭の電力需要のうちエネファームから供給できた電力の割合を示す。平均的な電力需要と考えられる450kWh/月では、家庭で消費する電力の約70%をカバーできていることがわかる。この電力上に対する供給率は、PEFCの場合の供給率50~60%と比較して高い値であり、連続運転であることおよび家庭の電力負荷に追従して運転するSOFCの特長を示している。

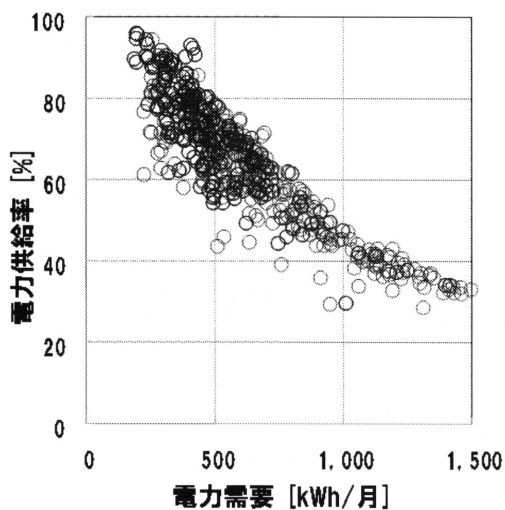


図4. エネファームによる電力供給率

図5.には、同じく2009年度、2010年度のLPG仕様システムを設置した家庭のサイトにおいて、従来のシステム（火力発電とガス給湯器において電力供給と給湯を行なうシステム）との比較による月間のCO₂削減量を示した。電力需要が少ない家庭においては、CO₂削減率が少ない値となっている場合があるものの平均的な需要の家庭では、20%を超えるCO₂削減率となっており、これは削減量にすると年間1.トン（LPG仕様の場合）を超える削減量となる。このように、実験機においても十分な導入効果を確認できた。

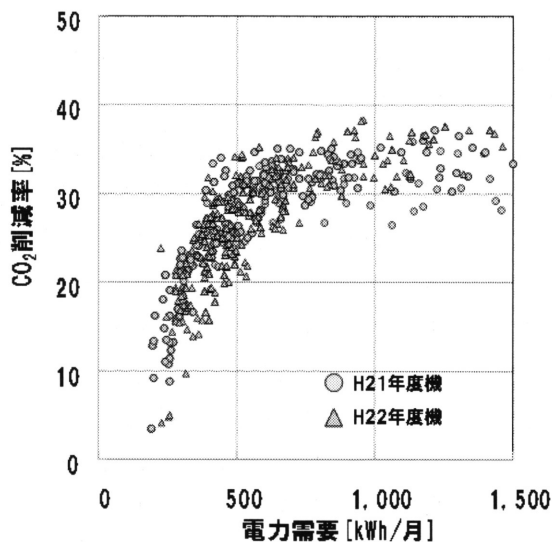


図5. 実証サイトにおけるCO₂削減効果

図6.に実証研究で得られた09年度システムにおける実際のサイトでの耐久性のデータを示す。起動停止も含んだ実際の運転時間における運転中の最大効率をプロットしたものであるが、1.5万時間程度まで大きな効率の低下は観察されていない。また、図7.にLPG仕様機の実システムにおいて通常の起動停止を繰り返した場合のスタック電圧の変化を示す。SOFCの場合、基本的には連続運転ではあるが、最低でも月に1回程度の起動停止も想定されるため、10年間で240回以上は耐久性が必要であると想定される。300回程度の起動停止を繰り返す試験を実施しているが、大きな電圧の低下は観察されず、問題がないことが分かる。また通常の停止ではなく、システムに供給されている電力・燃料を瞬時に遮断し即時停止するシャットダウン試験も実施したが、30回を上回る耐久性を確保できており、商品としてこれら起動停止に関して問題がないことを確認している。

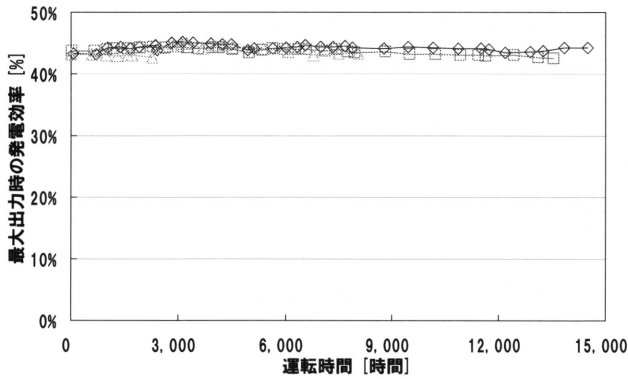
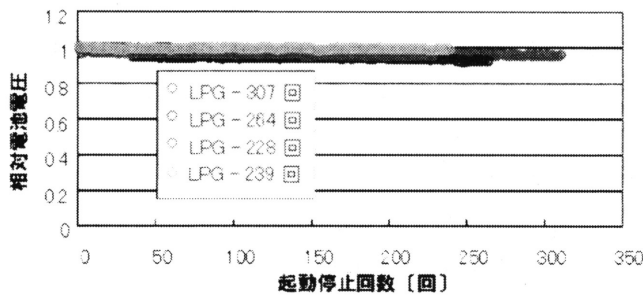


図6. 実証研究事業における耐久性の確認データ



停電発生時のシステムの動作についても、完全にシステムが停止するのではなく、待機運転となるシステムとなっている。図8には、実証試験中に実際の家庭において停電が発生した時のシステムの動きの例を示したものである。14:30過ぎに停電が発生し、これを検知し、発電出力が0Wとなる待機状態となっている。その後、系統が復電して300秒後に家庭の負荷に追従して電力供給を開始している。このように、停電が発生した場合、家庭に電力を供給することはできないものの、ユーザは何ら処置する必要なく、系統が復電すると自動で電力の供

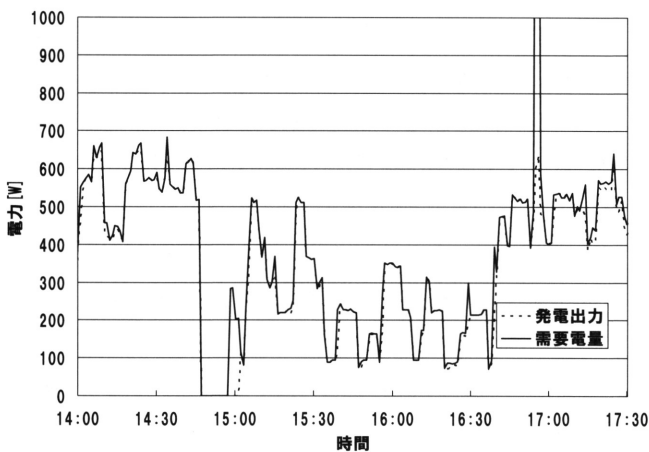


図8. 停電時の挙動

給を行なうシステムとなっている。今後は、さらに発展させ、停電時にも電力を供給できるシステムを開発する予定である。

このように実証研究で得られた成果やさらに継続的に耐久性、信頼性向上のための改良、改良したシステムの評価を実施し、エネファーム (SOFC) の商品機へと繋げ販売開始した。

5. 今後の展開

2011年10月から、世界初となる家庭用SOFCシステムの販売を開始し、11年度中には約700台を上回る台数を販売した。分散型電源に注目が集まる中で、2012年度は、11年度を大きく上回る台数の販売を計画している。家庭用コージェネレーションシステムのさらなる普及につなげ、家庭における環境にやさしい効率的なエネルギーの使用を拡大し、一次エネルギーの削減の効果を大きくすることによって、経済・社会の発展に貢献していきたい。

謝 辞

本内容に関しては、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構殿、(財)新エネルギー財団殿の平成19、20、21、22年度「固体酸化物形燃料電池実証研究」により得られた内容を含みます。関係各位に深く感謝申し上げます。

参考文献

1. 南條 敦; 燃料電池. Vol.10 No.1, 29-32(2010)