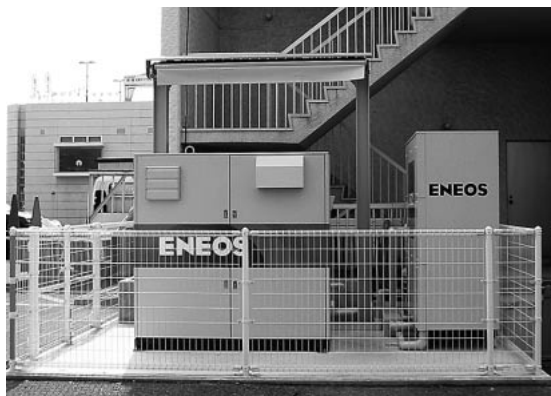


灯油を用いた10kW級PEFCのフィールド検証

Field Test of 10kW Class PEFC System that Uses Kerosene



堀 惠 一*1 Keiichi Hori
 中谷 郁 夫*1 Ikuo Nakatani
 梶谷 寛 士*2 Hiroshi Kajitani
 野島 繁*3 Shigeru Nojima
 大本 節 男*4 Setsuo Omoto
 松田 直彦*5 Naohiko Matsuda

固体高分子形燃料電池（PEFC）は、次世代の低公害・高効率分散電源として早期の実用化、普及促進が期待されている。当社は、新日本石油（株）と共同で灯油を燃料とする10kW級業務用固体高分子形燃料電池システムを開発中であり、このたび広島市西区の広島ダイヤモンドホテルに設置し、フィールド実証試験を開始した。両社は今回のフィールド実証試験を通して着実に歩みを進め、2006年度以降、小売店・飲食店などの中小規模商業施設等への幅広い導入を目指す。

1. はじめに

近年、社会的な環境問題及びエネルギーセキュリティ等に対する関心の高まりから、新エネルギーとしての燃料電池システムの普及が期待されている。特に地球温暖化ガスの一つである二酸化炭素（CO₂）の排出量低減の観点から、燃料電池を使用した高効率な分散電源の普及促進が求められている。このような背景のもと、経済産業省にて関連法規の改定案が作成され、今年3月には電気事業法が改定された。出力10kW未満の固体高分子形燃料電池は一般用電気工作物に位置付けられた。これを機に2005年度から“定置用燃料電池大規模実証事業”が実施されており、先陣をきって都市ガス及びLPガスを燃料とする1kW級家庭用システムの市場導入が開始され、灯油を燃料とした燃料電池についても2006年度からの参入が期待されている。本報では、灯油を燃料とする燃料電池システムの特徴について紹介する。

2. 灯油燃料の特徴

各種燃料のうち灯油は、原燃料の供給施設としてインフラが全国に整備されている既存のガソリンスタンド等を利用できる。常温常圧で液体であり輸送、貯蔵に便利である。エネルギー密度が高く、また安価に入手できるなどの特徴を有している。加えて、液体燃料のシステムの特徴として、燃料自体を導入先で貯蔵できる点が挙げられる。仮に災害時に系統電力が停電した場合においても、900L貯蔵の灯油で

8.5kWhの電力が約15日間確保できるため、ライフラインとしても貢献することが期待される。図1は、発電効率36%（LHV基準）における各種燃料の発電燃料単価を表したものである。

灯油の場合、1kWhの電気を発生させるために必要な燃料価格は14.2円であり、他燃料に比べて安価であることがわかる。このように灯油仕様燃料電池は、ランニングコストパフォーマンスに優れ、高い経済メリットが期待できる。

3. 燃料電池導入によるCO₂低減効果と経済メリット

燃料電池は、灯油等の燃料を改質して得られる水素と空気中の酸素とを電気化学的に反応させて直接発

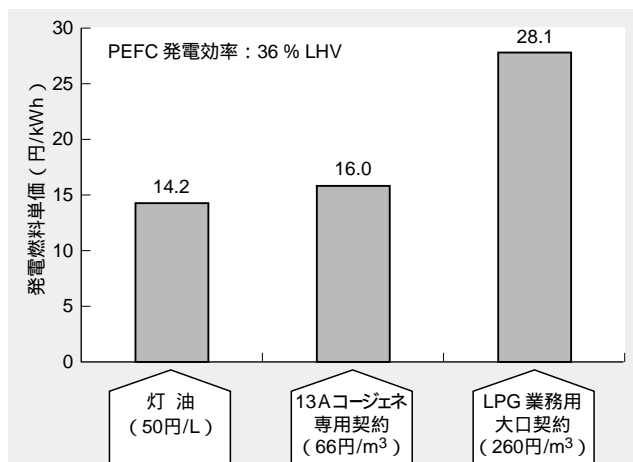


図1 各種燃料の発電燃料単価 灯油燃料が他に比べて圧倒的に安価である。

*1 広島製作所機械プラント技術部主席

*2 広島製作所機械プラント技術部

*3 技術本部広島研究所PEFC開発センター長 工博

*4 技術本部広島研究所PEFC開発センター主席

*5 技術本部広島研究所PEFC開発センター

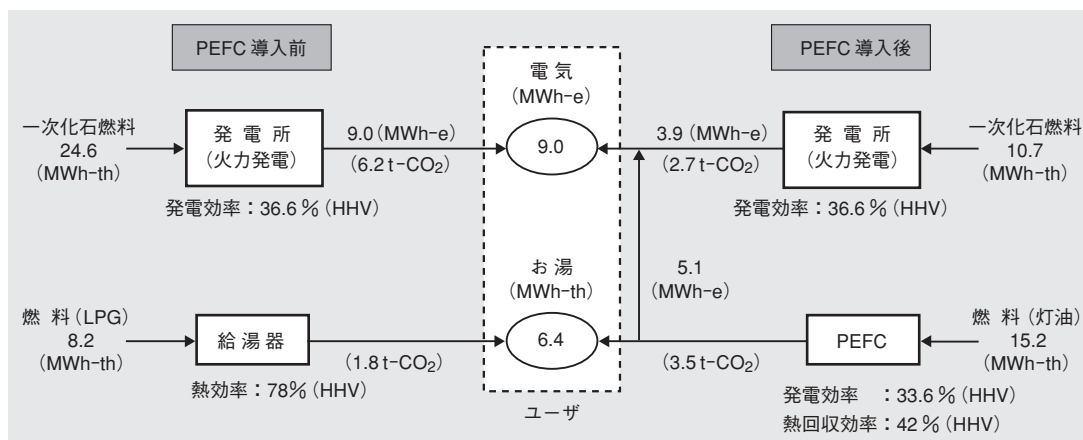


図2 燃料電池導入前後のCO₂排出量比較
導入前の79%まで低減される。

燃料電池導入により一次エネルギー及びCO₂排出量とも

電するものであり、同時に発生する熱を利用することによりコージェネレーション（電熱併給）システムとして利用される。これによって小規模でも高い発電効率（35～40%程度）と、発電に伴って発生する熱を給湯や暖房用に利用することで、高い総合効率（80%以上）が得られる。図2は、業務用店舗を対象に燃料電池導入前後におけるCO₂排出量の比較を1ヶ月当たりで行った一例である。なお、本項での効率はHHV基準で比較した。今回調査した店舗は24時間営業であり、1時間の平均消費電力量は15kWh、給湯需要は10.7kWhであった。また1ヶ月の平均営業日数は25日であった。CO₂排出量比較の前提条件として、燃料電池導入前のCO₂発生源として、系統電源は火力発電所とし、給湯はLPガスを燃料とした給湯器（熱効率78%HHV基準）を対象として行った。なお厨房等で使用する調理用LPガス使用量は燃料電池導入前後で変化しないため、今回の比較では対象外とした。一方燃料電池は、定格時の送電端出力8.5kWとし、発電効率は33.6%（HHV基準）、排熱回収効率は42%（HHV基準）で比較した。その結果、燃料電池を導入することで、一次エネルギー（燃料）消費量は32.8[MWh/月]から25.9[MWh/月]に、またCO₂排出量は8.0[ton/月]から6.2[ton/月]となり、両者とも導入前の79%まで低減可能となることがわかった。このように燃料電池は、環境負荷を低減できるシステムであるが、利用者にとっても経済メリットがないと普及に繋がらない。そこで次に導入ユーザーの経済メリットについて述べる。図3は、前記店舗の燃料電池導入前後の1年間における光熱費の比較を表したものである。光熱費の計算には厨房用燃料及び水道代は燃料電池導入前後で変化しないものとして含んでいない。なお、LPガス、灯油価格は図1に示した価格を、電気料金は2010年の導入を想定

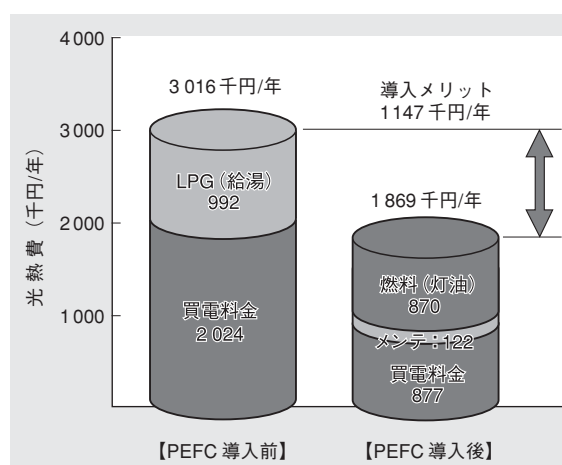


図3 燃料電池導入前後の光熱費比較
燃料電池導入により年間約110万円のユーザーメリットが得られる。

し、東京電力の電灯料金で18.74円/kWhを用いた¹⁰。また燃料電池システムのメンテナンスコストは、2円/kWhを用いた。前記の前提で試算した結果、年間およそ110万円の経済メリットが得られることがわかった。

4. 業務用燃料電池システムの開発の現状

灯油燃料の場合、発電燃料単価は安価である一方、都市ガスなどに比べると炭素数が多く、長期安定した水素製造が困難とされてきたが、新日本石油(株)の改質及び触媒技術と、当社のシステム化技術の融合により課題を克服してきた。特に主要な機器である改質器では、灯油と水素の混焼バーナーの改良によって改質管への熱供給均一化を図るとともに、改質ガス流路のシミュレーションによる最適化によって熱回収の大幅な向上を達成し、改質プロセス効率を大きく向上させた。また電池スタックの膜・電極接合体(Membrane electrode assembly:以下MEAと略す)は、当社が独自で開発した高耐久化レシピによって3万時間以上

の耐久性の目処を得ている．さらに，主要部材には商品化に耐える低コスト品を採用していることも特徴である．この度，改良機を商用ホテルに設置し，フィールド実証試験を開始した．ホテルは24時間電力需要があるほか，給湯需要も多いことから，電気と熱を供給できる業務用燃料電池の有望なターゲットとして見込まれる．これまで固体高分子形燃料電池をホテルに設置した例はなく，今回が国内初となる．本試験機は2004年度の東京都内コンビニエンスストアでのフィールド試験に続くものであり，総合効率は既に商品機の目標を上回る83%を達成している．表1に，商品機の目標仕様を示す．

表1 商品機の目標仕様

形 式	パッケージ型（インバータ内蔵）
設置場所	屋外／屋内仕様
燃 料	灯 油
出 力	8.5 kW（AC送電端）
発電効率	36%以上（LHV基準）
総合効率	76%以上（LHV基準）

5. 高分子膜劣化対策の現状⁽²⁾

固体高分子形燃料電池においては，固体電解質である高分子膜の耐久性向上が課題であり，実用上4万時間以上の耐久性を確保するためには高分子膜の劣化抑制がポイントとなる．高分子膜を劣化させる要因としては，起動・停止に伴う開回路電圧（Open Circuit Voltage：以下OCVと略す）保持や低加湿条件下において触媒層で副生する過酸化水素に起因するヒドロキシラジカルが高分子膜と反応し化学分解しているものと推定している．そこで当社では，触媒層で副生する過酸化水素及びヒドロキシラジカルを捕捉安定化する方法として，図4に示すように高分子膜と触媒層の境界に，ラジカル捕捉剤とイオン伝導性高分子電解質混合物からなるラジカル捕捉層を形成し，高分子膜の劣化を抑制する技術を研究開発中である．以下その評価手法及び現状について報告する．なお，本研究は平成15年度から（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託を受けて実施中のものである．

5.1 OCV劣化加速試験

各種ラジカル捕捉層を形成したMEAの耐久性評価は，ミニセルを用いてセル温度85℃，相対湿度13%と高温・低加湿運転条件下において，水素及び空気を供給したOCV状態で保持し，高分子膜の膜破れ発生までの時間（空気極出口側での水素漏れ濃度が2%以上となる時間とした）を計測して比較評価し

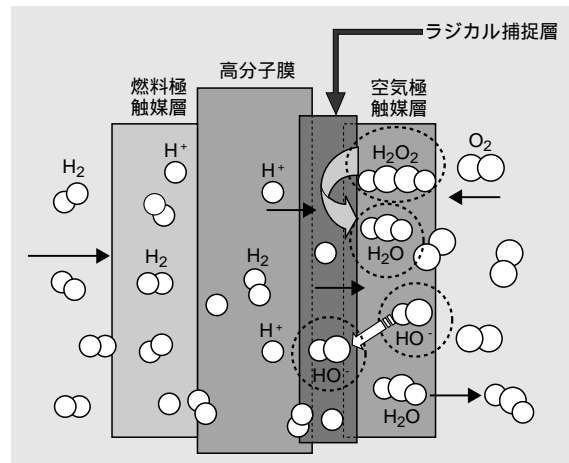


図4 ラジカル捕捉層形成による高分子膜劣化防止対策 カソード側のみにラジカル捕捉層を形成したMEAの断面模式図．

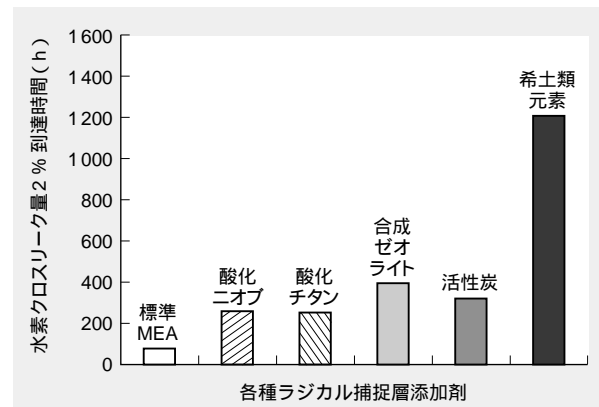


図5 OCV劣化加速試験結果 各種ラジカル捕捉層添加剤による膜破れまでの発生時間の比較．

た．図5に，OCV劣化加速試験結果を示した．ラジカル捕捉剤として各種金属酸化物，合成ゼオライト，酸化チタン等を用いたラジカル捕捉層形成MEAは，標準MEAに比べて約2～4倍耐久性が向上することを確認した．更に希土類元素添加ラジカル捕捉層形成MEAは，膜破れまでの累積保持時間が約1200時間であり，標準MEAの約15倍と大幅に耐久性向上が可能であることを確認した．

5.2 ラジカル捕捉層形成MEAの単セルDSS耐久性評価

希土類元素添加ラジカル捕捉層形成MEAについて，高耐久性を実証するため，標準MEAと共に毎日の起動・停止（Daily Start and Stop：以下DSSと略す）及び発電を伴うDSS劣化加速評価手法を用いて，実用単セルにて耐久性を評価した．各MEAの発電電圧の変化とOCVの変化を図6に示した．なお，本DSS劣化加速評価手法は，これまでの実機フィールド試験との比較において実運転条件に比べて約10倍の加速試験と推定される．標準MEAは，累積発電時間324

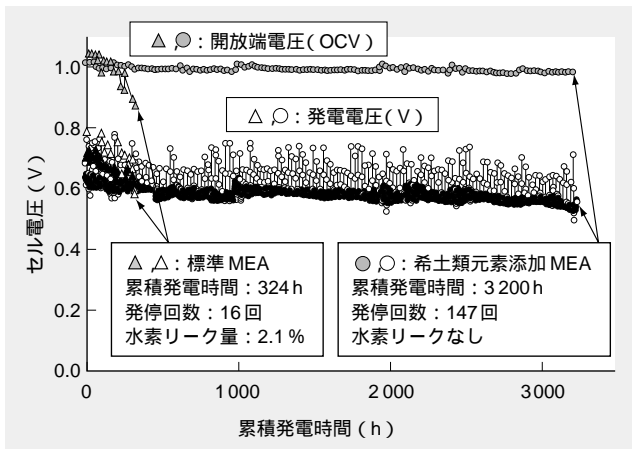


図6 希土類元素添加ラジカル捕捉層MEAの実単セルでのDSS劣化加速試験結果 標準MEAに対して、希土類元素添加ラジカル捕捉層MEAの耐久性が著しく向上している。

時間、発停回数16回で膜破れが発生し、実運転条件下での耐久時間は約3200時間程度であると推定された。一方、希土類元素添加ラジカル捕捉層形成MEAは、累積発電時間3200時間、発停回数147回まで経過した現時点においても膜破れが発生することなく発電運転継続可能な状態で推移している。またOCVの低下もないことから、高分子電解質の分解、薄膜化も進行していないと考えられ、実運転条件下において約3万時間の見通しが得られた段階である。今後は更に本試験を継続して4万時間耐久実現の可能性を見極めていくと同時に、本MEAを使用した実セルスタックでの耐久検証を実施していく予定である。

6. ま と め

従来、実用化が困難とされてきた灯油燃料であるが、ここ数年で大幅な進歩を遂げ、都市ガス燃料に対しても遜色のない実用性能を実現してきている。今後の課題は、商品化に向けた低コスト化や効率向上とともに、耐久性・信頼性の検証である。両社はフィールド実証試験を通して各種運転データを取得し、経済性、耐久性などの性能向上を図りつつ商品化に向けた最終段階の検証を進めていく。

参 考 文 献

- (1) 武石礼司, 電力産業の将来と地域自立のエネルギーシステム, Economic Review, Vol.10 (2002) p.40
- (2) 固体高分子形燃料電池システム技術開発事業事後評価委員会資料, NEDOレポート (2005) p.141



堀 恵一



中谷 郁夫



梶谷 寛士



野島 繁



大本 節男



松田 直彦