

第 4 回

燃料電池 シンポジウム 講演予稿集

平成9年5月15日～16日

池之端文化センター(上野不忍池畔)

May 15～16, 1997, Tokyo

燃料電池開発情報センター

東芝のりん酸形燃料電池の開発動向と商用化への取り組み

(株式会社 東芝) ○岩下 栄 伊東 洋三 田中 和久 松田 昌平

Development and Commercialization of PAFC at Toshiba
Sakae Iwashita, Yozo Ito, Kazuhisa Tanaka, Shohei Matuda

TOSHIBA CORPORATION

1-6, Uchisaiwai-cho 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100, Japan

The excellent plant operation, having shown by the 200 kW on-site plants (PC25TMA) supplied by Toshiba and ONSI is a big step toward the commercialization of fuel cell power plants.

With targeting to advance the commercialization, Toshiba and ONSI have developed PC25TMC, which realized remarkable cost reduction without altering the plant characteristics of PC25TMA. The delivery of PC25TMC was started from the end of 1995.

The further cost reduction is expected to obtain user's support and satisfaction, and expedite the real commercialization of fuel cell power plants.

This paper shows Toshiba's strategies for promoting the commercialization with further cost reduction, various applications, and services.

1. はじめに

燃料電池は①環境性に優れている、②小容量機であっても高い電気効率が得られる、③熱併給により高い総合効率が得られるため省エネルギーとCO₂排出量削減に寄与できる、など多くの特徴をもち、都市分散立地型・需要地近接型のエネルギー供給源として、まさにふさわしい発電方式である。

東芝は1978年にりん酸形の開発を開始して以来、自主開発、国のプロジェクトへの参画、電力会社との共同開発などを通じて技術の蓄積を行ってきた。この過程で1985年には、世界最先端の燃料電池技術を有するUTC社との合併で米国にIFC社を設立し、1990年にはIFC社の子会社としてオンサイト用燃料電池を専門に扱うONSI社を設立した。以来3社は緊密な連携体制をとり、共同技術開発および生産協調という世界経済時代にふさわしい活動を展開して、燃料電池の製品化を推進してきた。

東芝におけるりん酸形燃料電池のシリーズは、分散電源用11MW、オンサイト用1MW、およびオンサイト用200kWであるが、ここでは、主に量産化への準備がほぼ整ってきたオンサイト用200kWに焦点を当てて、東芝のりん酸形燃料電池の開発動向と商用化への取り組みについて紹介する。

2. オンサイト用200kW燃料電池プラント

2.1 PC25TMA型200kWプラント

東芝はIFC/ONSI社と共同で200kWプラント(PC25TMシリーズ)の開発を推進してきた。PC25TMA型と称する初期モデルでは、東芝は改質器と電気・制御システムの開発・製作を分担し、ONSI社でプラントの総組み立てを行った後、1991年11月から順次56台が日本、北米、ヨーロッパなど世界各地に出荷された。

このPC25™A型およびその後に製作されたPC25™シリーズのプラントは、図1に示すように、極めて優れた運転実績を示し、累積2万時間を超えたプラントは、1997年3月末現在33台に及んでおり、その内の9台は3万時間を超えている。大阪ガス(株)を経由して梅田センタービルに設置されたPC25™A型機は3万5千時間を超えた運転が継続されている。

また、累積運転時間とともに信頼性のバロメータとなる連続運転に関しては、連続6ヶ月を超える実績が37事例に及んでおり、東京ガス(株)経由で設置された東京都・環境科学研究所のプラントは、連続運転で約9千5百時間という世界記録を樹立している。PC25™シリーズの総計運転時間は130万時間を超えており、その平均稼働率は約95%と極めて高く、プラントの信頼性がすでに十分に実用・商用のレベルに達していることを実証している。

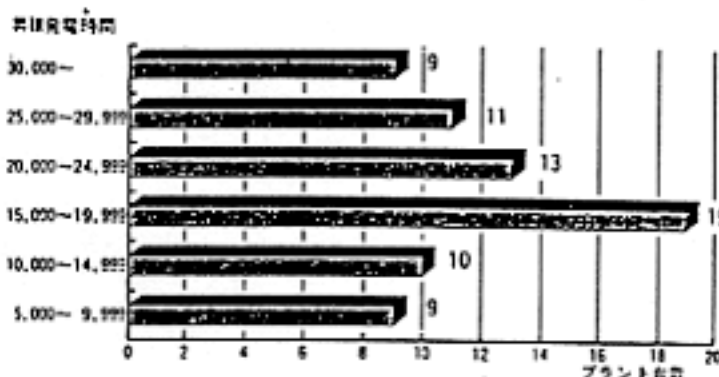


図1 PC25™シリーズの累積発電時間 (1997年3月末現在)

2.2 電池スタックの耐久性

前述のような、PC25™シリーズのプラントの優れた運転実績がオンサイト用燃料電池プラントの耐久性/信頼性を実証しているが、プラントの心臓部でありユーザの関心が特に高い電池スタックの耐久性に関しては、計画的な分解調査を含む社内研究からも多くの知見が得られている。

その一例として、図2および図3には電池電圧の経時特性に影響するりん酸残量と触媒粒子径についての調査結果を示す。いずれも実測値が予測値によく一致しており、当面の業界目標である4万時間(約5年)の電池スタックの耐久性が予見できる。図4はフィールドでの累積時間が3万時間を超えた電池スタックの電圧経時変化を示すが、極めて安定して推移していることが判る。

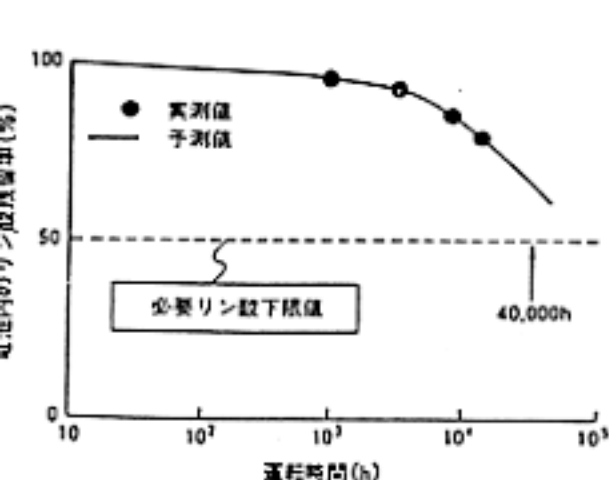


図2 運転時間とリン酸残量の関係

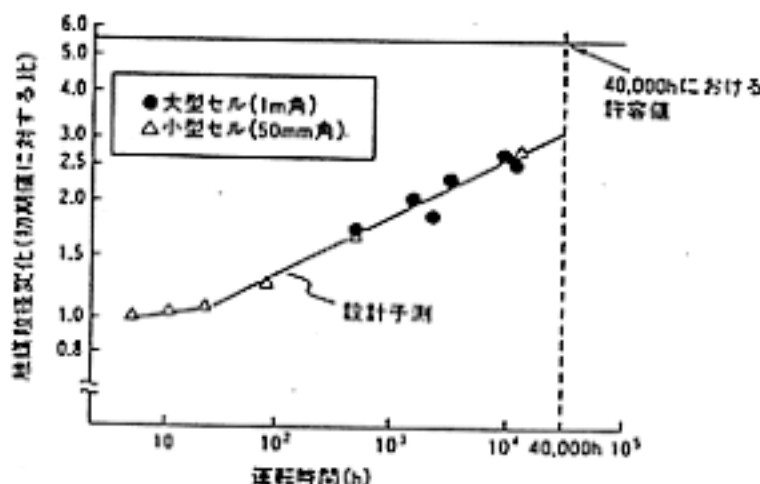


図3 触媒粒子の経時的変化

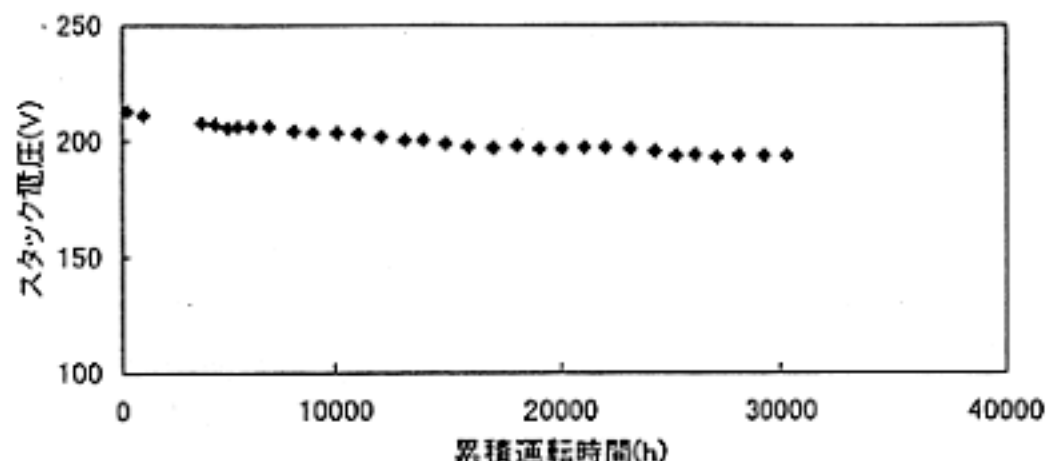


図4 オンサイト用燃料電池の電圧経時変化(例)

以上のように、プラントの運転実績および社内での要素研究等によりオンサイト用200kW電池スタックの耐久性は商用化に必要なレベルに到達していると考えている。

東芝では、更にプラントのランニングコストを低減させるために、電池スタックの耐久性を6万時間に延ばす開発にも取り組んでいる。

2.3 PC25™C型200kWプラント

東芝とONSI社は本格的商用機種として、小型化とコストダウンを図った改良機種であるPC25™C型200kWプラントの開発を推進し、1995年末から販売を開始した。本年3月末現在で、すでに52台が全世界に向けて出荷済みである。その内、日本には19台が出荷されており、12台が運転を開始している。図5にPC25™C型の外観を、図6にシステム構成を、表1に標準機の主要仕様を示す。PC25™C型は、次世代りん酸形燃料電池ともいべきアドバンスド型であり、東芝/IFCグループの協力活動が結実したものである。前述のPC25™A型の優れた設計思想と卓越した信頼性を継承しつつ、以下のような改良が加えられている。

①パッケージ

- ・PC25™A型に対し、パッケージ全体の重量・容積の約30%低減(図7参照)によるコスト低減、輸送・据付の容易化
- ・内部空間に余裕をもたせ、保守性を向上

②電池スタック

- ・電流密度の向上により積層セル数およびスタック高さをそれぞれ20%低減
- ・炭素系部材に関し、製造方法の改良により部品のコストを大幅に低減

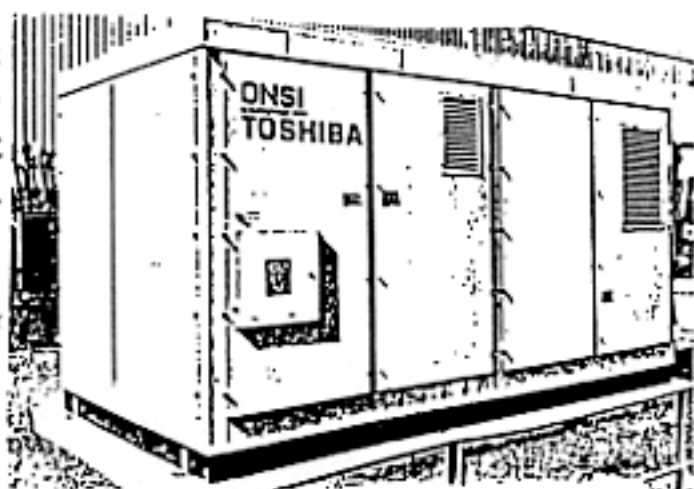


図5 PC25™C型プラント外観

③改善系統設備

- ・各種機器の複合・一体化によるコンパクト化

④インバータ

- ・主回路構成の簡略化および水冷方式の採用により、容積を60%低減、部品点数を30%低減

⑤ 制御装置

- ・電話回線を用いての遠隔運転・監視および調整が可能

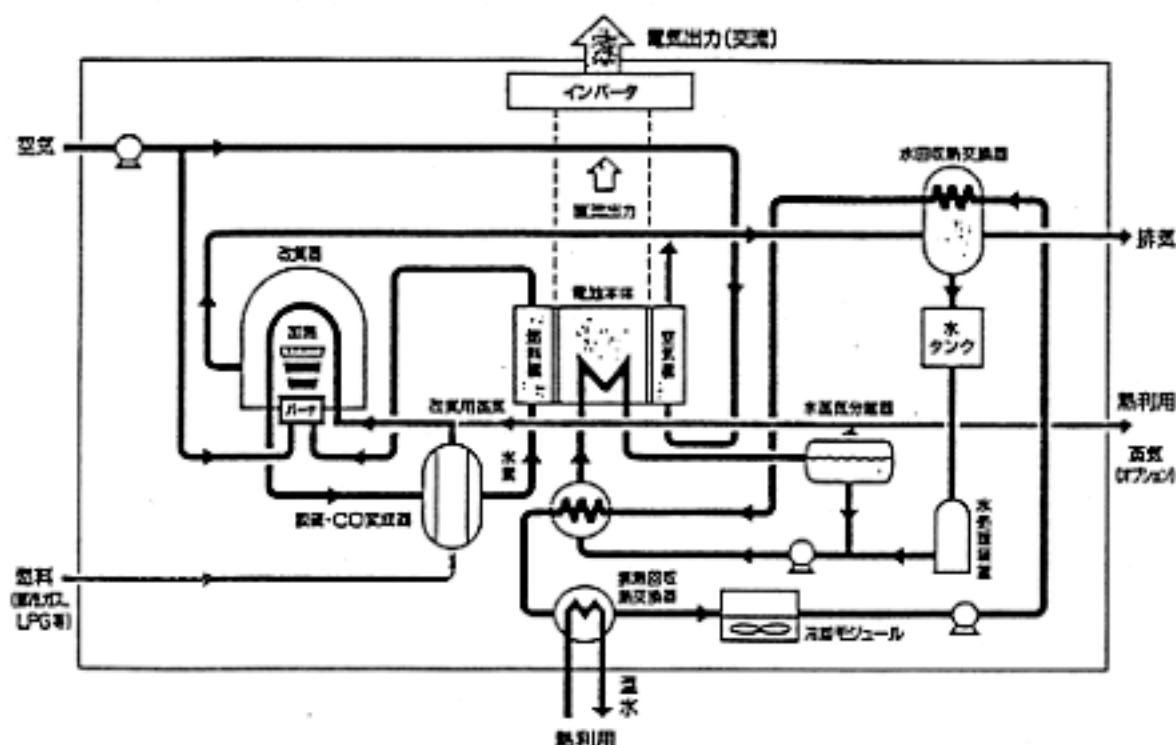


図6 PC25TMC型システム構成

表1 PC25™C型標準仕様
(※印にはオプション仕様を設定)

定 額 出 力	200kW(交流送電機)	
出 力 電 圧・周 波 数	400V(50Hz)、480V(60Hz)	
負 荷 効 率	40%(LHV、交流送電機)	
熱 効 率 / 熱 効 率 係 数	41%(LHV)/60℃温水*	
燃 料 性 質 / 負 荷 質	天然ガス・都市ガス13A*/43Nm ³ /h	
排 気 特 性	NOx:50ppm以下 SOx:微量	
騒 音 特 性	約60dB(A)(騒音10m平均値)	
排 水	本質:純水 排水量:標準ゼロ	
ユーティリティ	潤 滑 水	本質:水道水または純水 潤滑油:標準ゼロ
	質 料	1回の起動・停止で7Nrdポンプ4本程度を使用
寸法・質量	本体パッケージ	5.5m×3.0m×3.0mH 18.2t
	冷却モジュール	4.1m×1.3m×1.2mH 0.7t
設 置 場 所	屋外・屋内	
運 転・出 力 方 式	自動・無人運転、系統運転*	

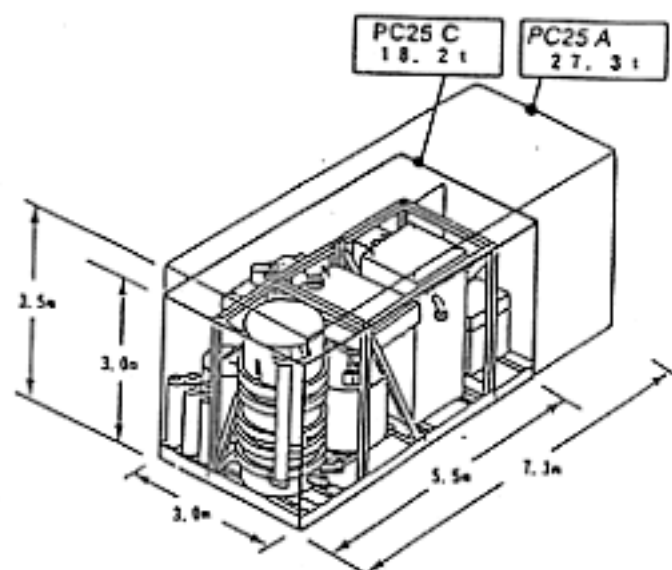


図7 PC25TMC型とPC25TMA型の
サイズ・重量比較

3. 燃料電池商用化への取り組み

3. 1 コスト低減

オンサイト用200kW燃料電池プラントの商用化が開始された現在、さらに商用化を促進する最大の課題はコストである。設計・材料面および製造技術の開発によって、初期の実証機段階に比べて大幅なコスト低減が図られ、PC25™C型の標準機種の国内販売価格は、ユーザ指定場所での車上渡し条件で約40万円/kWになっている。

市場への普及を定着させるためには、20万円/kWに近いレベルを目標にしたコスト低減活動の継続が要求される。コスト低減は、技術革新と量産効果を両輪として推進されるが、PC25™C型のコスト低減に技術革新の一部が既に織り込まれていることもあり、今後は量産効果の寄与度が大きくなる。量産効果とは、生産の習熟、材料・部品・機器の大量一括購入、製造ラインの自動化、生産工場の稼働率向上等による複合効果である。

従って、生産量を増加させる機会が得られればコスト低減が加速し、現在の状況である「コスト高と導入停滞」という悪循環が断ち切られて市場が活性化すると考えている。関係者のご理解とご尽力により1997年度に「先導的高効率エネルギーシステムフィールドテスト事業」で公的助成が行われることは、市場の活性化にとって喜ばしいことであり、また燃料電池市場の形成をさらに早めるためには、公共施設等への率先的導入を促すガイド策定などを引き続いて検討していくことが望まれる。

東芝では安定した市場が形成されるまで、生産をONS I社に集中させ、できるだけ先行的に量産効果を発揮させるようにしている。あたかもONS I社が東芝の分工場であるかの如く協調するものであり、東芝のユーザに対しては、エンジニアリングから保守サービスに至るまで、全て東芝が責任をもって対応する。現在、約10名の東芝の技術者がIFC/ONS I社に駐在し、一体となって技術開発から出荷までスルーした活動を展開している。また、安定した生産量の早期確保を図るため東芝は東南アジア市場の開拓にも精力的に取り組んでいる。

3. 2 燃料電池の多様な適用形態

オンサイト用燃料電池市場の拡大のために、東芝では燃料電池の特長を生かし、従来のコジェネ設備の考え方から一歩進んだ付加価値の高い多様な適用形態をユーザに提案し、その実用化を推進している。東芝では標準機に加えて以下のオプションを準備している。

(1) 高温水または蒸気供給システム

高温水（最高120℃）または蒸気（160℃レベル）を供給するオプションにより、吸収式冷凍機等との組み合わせが可能である。

(2) 代替燃料の適用システム

原燃料として都市ガスを使用する標準機に対して、LPG、ナフサ、消化ガスなど多様な燃料での運転を可能とするオプションである。

消化ガスは下水汚泥の処理の過程で発生するガスであり、約60%のメタン成分を含む。東芝では横浜市との共同研究により、消化ガスを燃料電池に適用するシステムを検討し、横浜市北部汚泥処理センターにおいて200kW機による実証を実施している。

また、財団法人国際環境技術移転研究センタ（ICETT）から1/2の補助を受けて、日本石油ガス（株）と共同で、LPG燃料による200kW機の実証研究を1996年度より開始した。

(3) 直流電力供給システム

電池スタックで発生する直流出力を直接もしくはDC/DCコンバータを介して供給するシステムであり、高効率の電力供給が可能となると共に、ユーザ側で直流電源設備が不要になる等のメリットが得られる。

図8に浄水場への適用構成例を示す。燃料電池からの直流出力はDC/DCコンバータを經由して次亜塩素酸ナトリウム製造装置の食塩水電解槽に供給され、残りの交流出力は所内負荷に供給される。また温水排熱は汚泥処理装置の加温に利用できる。東京ガス(株)に納入し東京都水道局三國浄水場に設置された200kW機にて適用されている。

浄水場の他に、電話局等への通信用電源としての利用も可能である。

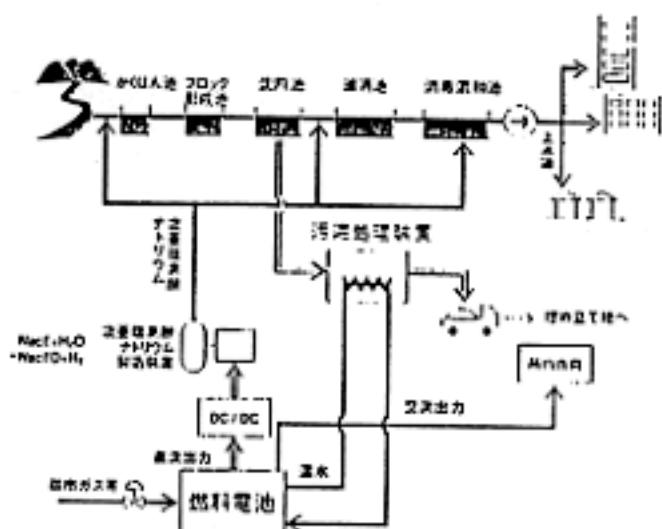


図8 浄水場への適用構成例

(4) ライフスポットへの適用システム

図9にライフスポットへの適用構成例を示す。阪神大震災を契機として、ライフスポットの拡充が強く望まれている。燃料電池は非常用電源の確保や温水の供給はもとより、発電の過程で生じる水を飲料水に活用するという重要な機能を発揮することができるため、ライフスポット用に最適である。

この場合、燃料供給を一層確実にするためには、多種燃料切替のオプションが有効である。このオプションでは、通常時は都市ガスにより運転を行い、災害発生時に万一都市ガスの供給が断たれた場合には、備蓄しているLPGなどの予備燃料に自動的に切り替えて、発電と熱供給を継続することができる。

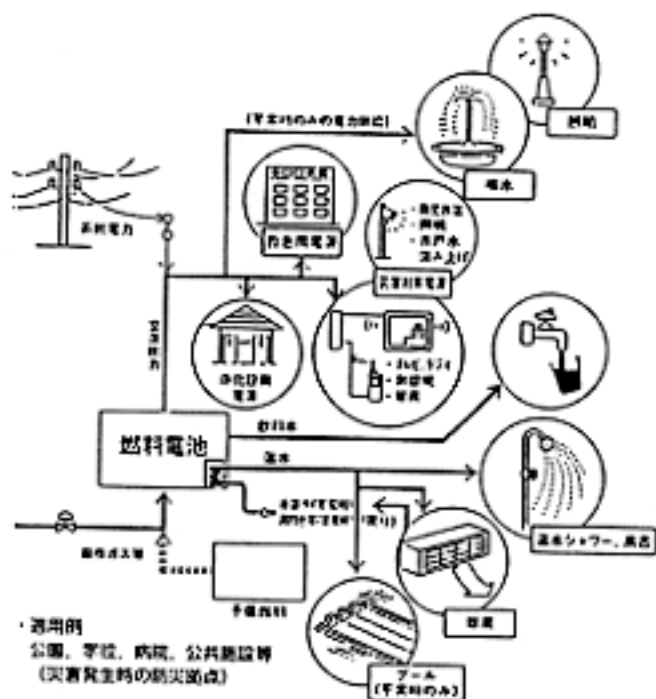


図9 ライフスポットへの適用構成例

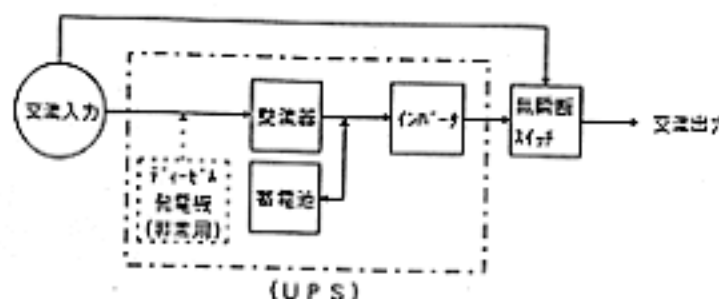
(5) 高品質電力供給システム

図10に燃料電池を高品質電力供給システムとして適用した場合の構成を、従来のUPSシステムの構成と比較して示す。

燃料電池プラントの中に含まれているインバータは、従来のUPSインバータと同等のものであり、従って、インバータの下流側は構成上従来のUPSシステムと同様となる。一方、インバータの上流側は、UPSの場合には、系統の交流電力を整流器を介して直流電力に変換してからインバータに供給されるのに対して、燃料電池の場合には、都市ガス等から改質された燃料から燃料電池本体にて直流電力の形で出力されてインバータに供給されるため、エネルギー資源上の観点から、燃料消費効率が高くなるのみでなく、ユーザー側のランニングコストも大幅に低減される。

また、燃料電池は燃料を供給し続ける限り発電を継続でき、従来のUPSシステムに必要な蓄電池およびバックアップ用のディーゼル発電機は不要となる。都市ガスを通常時の燃料として使用する燃料電池にLPG等の備蓄燃料設備を付加することにより、その信頼性は一層向上する。

〔従来UPSシステム〕



〔燃料電池適用システム〕

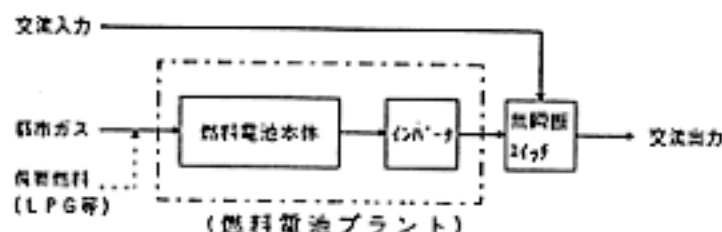


図10 燃料電池適用高品質電力供給システム

3.3 保守サポート体制の充実

燃料電池の普及に際して、ユーザの大きな関心事の一つは保守サポート体制である。そこで東芝は保守サポート体制の充実を図るために、以下の施策を実施している。

(1) 遠方監視操作システム

広範な地域に分散設置される燃料電池プラントを電話回線を経由して遠方からアクセスし、運転・監視を行うものである。燃料電池がオンサイト、即ち需要地設置という形で使用されるため、敏速かつ効率的・経済的な保守を行う上で本システムは必要不可欠である。

東芝では、図11に示すように一定区域内の複数台のプラントに対して専任のサービスを配置するという形でこのシステムを駆使し、データ収集・監視および24時間のオンコール対応を行い、トラブル時の迅速処理に努めている。



図11 保守・サポート体制

(2) サービスセンターの開設

1996年4月に関西地区に、同11月には関東地区にそれぞれ燃料電池サービスセンターを開設し、上記のサービス活動を行っている。

(3) トレーニングスクールの開設

東芝では、燃料電池の運転操作、調整、保守および簡単な修理方法についての教育を行うトレーニングスクールを1997年度から開講する。実プラントおよび構成機器・部品による実地訓練、ならびに模型やビデオによる講義を通じて、燃料電池の未経験者にも容易に理解いただける内容を準備している。本スクールはユーザの運転・保守担当者だけでなく設備計画担当者にも有益であり、受講目的に応じてフレキシブルなカリキュラムを組むことができる。

4. MW級燃料電池プラント

(1) オンサイト用1MWプラント

世界最大容量の常圧型プラントであるオンサイト1MWプラントは、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)とリン酸型燃料電池発電技術研究組合(PAFC組合)の共同実施による「都市エネルギーセンター等燃料電池技術開発プロジェクト」の一環として、東芝が設計・製作を担当したものである。実証運転サイトである東京ガス(株)基礎技術研究所の構内への据付けと調整試験を1995年5月に完了し、運転を開始した。1997年3月末までに、累積発電時間が1万時間以上に達している。

(2) 分散電源用11MWプラント

分散電源用として、東芝がIFCと共同で東京電力(株)五井火力発電所に納入した11MWプラント(加圧型)は、1991年の発電運転開始以来、累積2万3千時間を超えた運転を行ってきた。この運転を通じてプラント/機器の信頼性、耐久性、安全性および運転制御性についての実証がなされ、その過程で得られた貴重な技術知見は、その後の常圧プラントおよび機器開発に活用されている。

5. おわりに

東芝は1996年1月に燃料電池商品に対するISO9001(国際品質規格)認証を取得した。この分野では先駆的なことであり、本格的な商用化時代を念頭においたものである。なお、PC25™C型はAGA(米国ガス協会)の型式認証も取得している。

りん酸形燃料電池はまさに商用化にふさわしい信頼性を備える段階に到達しているが、今後の普及が促進されるためには、①メーカーとしての技術革新努力、意欲的な価格提示と保証条件の明示、保守・サポート体制の整備、②燃料電池の適用形態の多様性をベースに、ユーザ各位のご協力を得た幅広い市場開拓、③公的機関からの導入助成・優遇制度により期待される初期市場形成、がキーファクターとなる。その結果として市場拡大が加速し、量産効果によるさらなるコスト低減が達成されて、燃料電池の商用化がいっそう前進していくものと考えられる。

東芝は、今後ともIFC/ONSI社と密接な協調関係を維持しつつ、高品質でクリーンな電源としての燃料電池の発展・普及に向けて邁進する所存である。公的機関およびユーザ各位のなお一層のご支援とご指導を賜りたい。