

## ■ 技術報告 ■

## ホテルプラザ200kWリン酸型燃料電池

## Operational Study of Fuel Cells for Commercial Use under the Moonlight Project

松 本 芳 一\*

Yoshikazu Matsumoto

## 1. はじめに

燃料電池は、石油代替エネルギーである天然ガス・メタノール等の燃料を水素等のガスに改質し、これと空気中の酸素を直接電気化学的に反応させて発電するシステムであり、環境特性に優れ、発電効率がよく、また排熱が利用できる等の特長があることから、都市型コージェネレーションシステムとして今後着実に市場導入が図られるものと予測される。

オンサイト型業務用燃料電池の研究開発は、国のムーンライト計画の一環として計画され、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）から関西電力㈱と大阪ガス㈱が運転研究を、三菱電機㈱が燃料電池の製作をそれぞれ受託し、昭和61年度から5カ年計画でスタートした。

平成元年7月に燃料電池ならびに排熱利用設備を大阪・福島にあるホテルプラザに設置してコージェネレーションシステムとして実証運転を開始し、受託研究終了後7ヶ月の運転延長を経て平成3年10月に終了したので、本稿ではその概要を報告する。

## 2. 燃料電池の特長

燃料電池は次の特長をもっており、都市型コージェネレーション、分散型電源として特に有望である。

- ①小容量機でも発電効率が低い。（リン酸型：36～40%）
- ②部分負荷においても発電効率が低い。
- ③NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>等の発生が少なく、大気汚染の問題が少ない。
- ④騒音、振動が少ない。
- ⑤排熱が利用可能で、70～80%の総合エネルギー効率が得られる。
- ⑥設備のモジュール化で建設工期が短い。

## 3. 研究開発スケジュール

わが国における燃料電池の研究開発は、通商産業省工業技術院において、1981年度から“大型省エネルギーの技術開発”（ムーンライト計画）の一環としてリン酸型、熔融炭酸塩型、固体電解質型およびアルカリ型の開発が展開されている。

これらの中で、実用化に一番近いリン酸型燃料電池の開発は実証テストの段階に達しており、200kW級プロジェクトは需要地設置可能なオンサイト用の開発を目標に、都市ガスを燃料として電気と熱を供給する業務用、メタノールを燃料とする離島用の二方式について1986年度から5カ年計画で開発が進められた。

本プロジェクトは、1991年3月に一応終了したが、その後民間資金により10月末まで運転延長を行った。

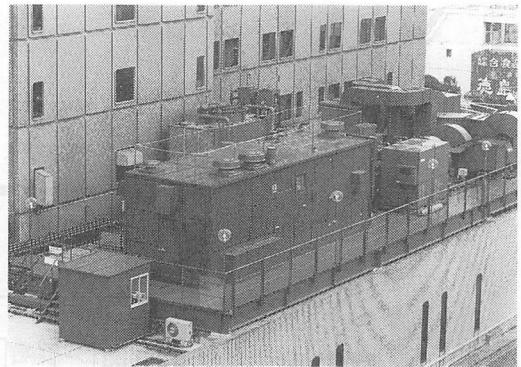
表1 業務用燃料電池の研究開発スケジュール

年度	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年
システム・要素研究	—————					
設計・製作		—————				
現地工事		—————				
運転研究				—————		

\* 関西電力㈱総合技術研究所 新エネルギー研究室 主席研究員  
〒661 尼崎市若王寺3丁目11-20

表2 業務用燃料電池の仕様

項目	仕様
型式	水冷式リン酸型(常圧) 電力・熱併給型
形態・寸法	パッケージ型(屋外型) 10m(L)×3.1m(W)×3.2m(H)
燃料(圧力)	低圧供給都市ガス(13A) (100~250mmH <sub>2</sub> O)
発電出力	200kW(AC送電端)
発電効率	36%(H.H.V)
総合効率	80%(H.H.V)
電圧・周波数	440V, 3φ, 60Hz
高調波	電圧総合歪率 2%以下(系統連系時) 5%以下(単独運転時)
運転形態	無人による連続運転可 系統連系運転および単独運転可 (無停電切替)
起動時間	3時間以下(冷起動)
排熱温度条件	高位:170℃以上(蒸気) 低位:70℃以上(温水)
環境性	法令基準値以下



写1 業務用燃料電池外観

表1に業務用燃料電池の研究開発スケジュールを示す。

#### 4. 燃料電池の仕様

燃料電池の主な仕様, システム構成および外観を, それぞれ表2, 図-1, 写1に示す。

燃料は, 都市ガス(13A)を使用し, 排熱温度条件としては二重効用吸収式冷温水機が利用可能なように, 高温排熱を170℃以上の飽和蒸気とし, 給湯に利用で

きるよう低温排熱を70℃以上の温水とした。

また, 各構成設備の特徴は以下のとおりである。

##### ①燃料電池本体

セル特性向上, 長寿命化を目標とし, 多孔部にリン酸貯蔵機能を持たせたリブ付きセパレータ構造, 電極の信頼性向上をねらったシート化電極構造等のセル構成を採用した100kW級スタック2基で構成。

##### ②燃料改質系

改質器は, コンパクトで低圧損プロセスに適した内炎反応器, 多管分散バーナ構造を採用。脱硫反応器は, 常温吸着型を採用し, 簡素化, 起動時間の短縮を図っている。また, CO変成器は内部熱交換型の低温CO変成器1段の構成とし, コンパクト化を図っている。

##### ③水蒸気系

システム全体としては, 都市ガス(天然ガス)を水素に変換する燃料改質装置、水素と空気中の酸素より直流の電気を発生する燃料電池本体(セルスタック)、直流電気を交流に変換するインバータおよび、排熱回収装置が主な構成部分です。

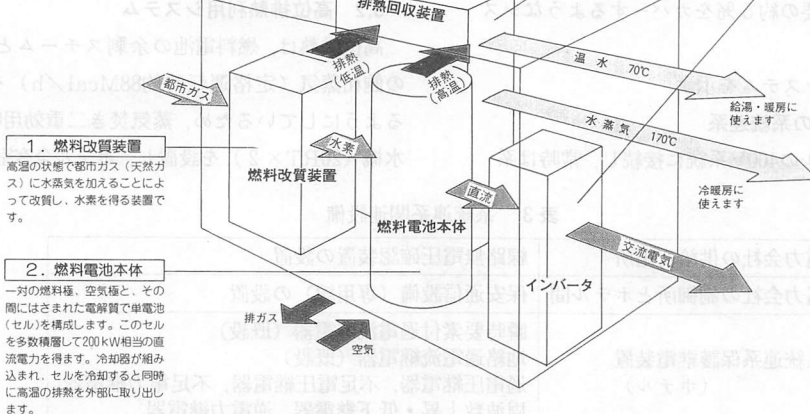


図-1 燃料電池システム構成

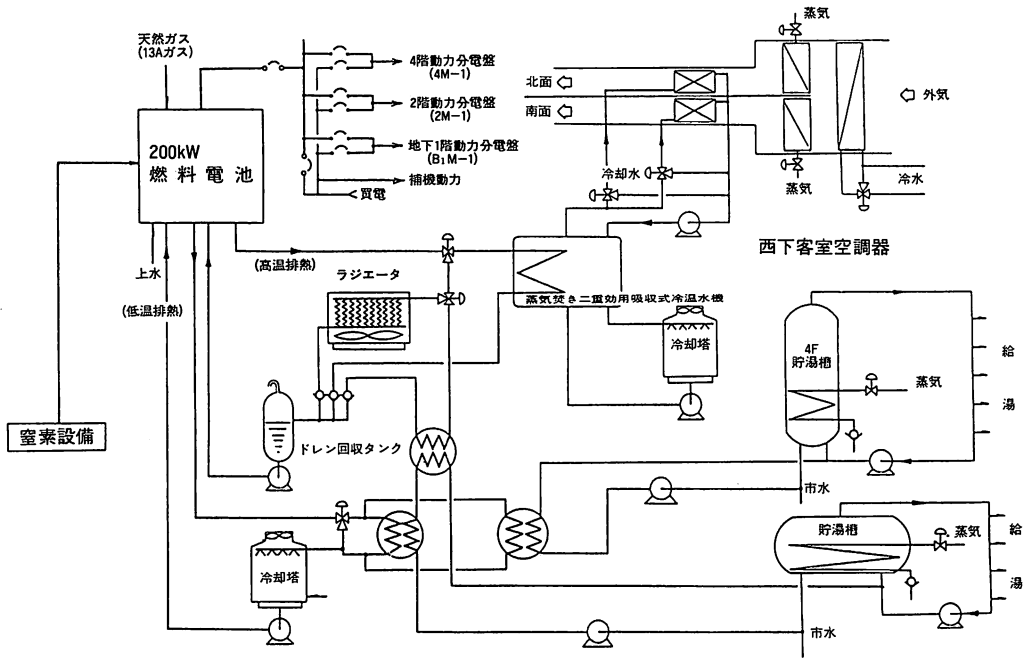


図-2 実証試験システム

起動時の昇温手段として起動用ボイラを採用し、起動時の補機動力の低減を図った。また、水蒸気分離器には20%負荷相当のロードヒータを設置し、20%以下の低負荷時においても電池負荷が20%相当を維持できるようにし、ヒータに電力を消費させ、熱回収できるようにしている。

5. 実証試験システム

本システムでは、発生する電気ホテルの電力需要の約10%を賄うとともに、排熱は客室の冷暖房や給湯用に利用して熱需要の約5%をカバーするようなシステム構成とした。

図-2に実証試験システムを示す。

5.1 商用系統との系統連系

燃料電池はホテルの400V系統に接続し、常時は系

統連系運転を行うが、単独運転も行えるよう配慮した。また、燃料電池の系統連系については、昭和61年8月1日資源エネルギー庁公益事業部長通達による「系統連系技術要件ガイドライン」に準じて、表3に示す設備を設置した。

なお、現在ではガイドラインの適用範囲の中に燃料電池等の逆変換装置を用いた自家発電設備も織り込まれているが、当時は燃料電池については適用除外となっていたため、電力会社との個別検討で対処する必要があった。

5.2 高位排熱利用システム

高位排熱は、燃料電池の余剰スチームとして170℃の飽和蒸気(定格運転時約88Mcal/h)を回収できるようにしているため、蒸気焚き二重効用吸収式冷温水機(20RT×2)を設置し、ホテル全客室(約550室)

表3 系統連系関連設備

電力会社の供給変電所	線路無電圧確認装置の設置
電力会社の制御所とホテル間	保安通信設備(専用線)の設置
系統連系保護継電装置 (ホテル)	瞬時要素付過電流継電器(既設) 地絡過電流継電器(既設) 過電圧継電器, 不足電圧継電器, 不足電力継電器 周波数上昇・低下継電器, 逆電力継電器, 地絡過電圧継電器

のD1/4のベース空調を行えるようにした。また、空調需要がない場合には、給湯へも熱回収が行えるよう熱交換器を設け、さらに給湯にも熱需要がない場合にはラジエータで放熱し、凝縮水を燃料電池に戻して再利用するようにした。

5.3 低位排熱利用システム

低位排熱は、燃料電池の排ガスの熱を回収して得られる70℃の温水（定格運転時約120Mcal/h）で給湯に利用するため、熱交換器を介して中層階客室用貯湯槽と中層階厨房用貯湯槽いずれかを選択して熱供給できるようにした。

6. 運転研究実績

6.1 運転実績

表4に運転実績を示す。

表4 運転実績

1) 累積発電時間	13,038時間
2) 最長連続発電時間	2,656時間
3) 送電端電力量	1,796,667kWh
4) 起動回数	60回

6.2 燃料電池の特性

(1) 効率特性

表5に燃料電池の特性試験結果を示す。

定格負荷時の送電端発電効率36.0%（HHV基準、以下同じ）、総合熱効率80.2%を達成した。また、部分負荷効率についても、1/4負荷において送電端発電効率31.6%、総合熱効率68.5%というような良好な結果が得られており、燃料電池の大きな特徴を示している。図-3に送電端発電効率の負荷特性、図-4に排熱回収量の負荷特性を示す。

負荷20%以下では電池の直流出力は一定であり、送電端出力との差（余剰電力分）は水蒸気分離器のロードヒータで消費させるため、送電端出力が低いほど水蒸気の発生量が増加し、高位排熱量が多くなっている。

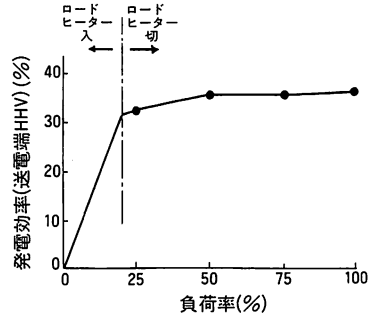


図-3 送電端発電効率の負荷特性

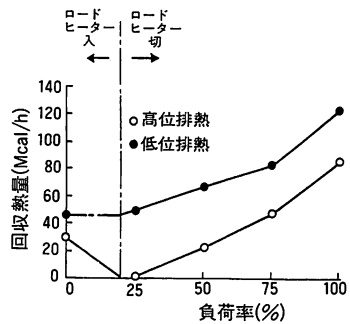


図-4 排熱回収量の負荷特性

(2) 起動特性

図-5に冷起動時の起動特性を示す。起動昇温には起動用ボイラを用いており、これにより目標の冷起動3時間を達成した。

起動時間は、改質器とCO変成器の昇温時間に依存するため、昇温時には窒素とスチームを通気し、改質器の均一加熱とCO変成器の昇温の短縮化を行っているが、今後改質器の昇温速度の上昇により、さらに起動時間の短縮が可能であると思われる。

(3) 電池特性経時変化

図-6に電池スタック電圧の経時変化を示す。現在、燃料電池の開発目標としている〔10%電圧ダウン/40,000時間〕の特性ラインより上で推移しており、安定した特性を示している。

表5 効率特性試験結果

負荷率	負荷率				
	100%	75%	50%	25%	待機
発電効率 (送電端HHV) %	36.0	35.6	34.3	31.6	0
高位排熱量 回収効率 %	18.1	13.4	9.0	0.7	23.6
低位排熱量 回収効率 %	26.1	23.2	27.1	36.2	37.8
総合熱効率 (HHV) %	80.2	72.2	70.4	68.5	61.5

(注) ・原燃料の発熱量 (HHV) = 11,000kcal/Nm<sup>3</sup> を使用  
 ・排熱量はパッケージ取出点での値である

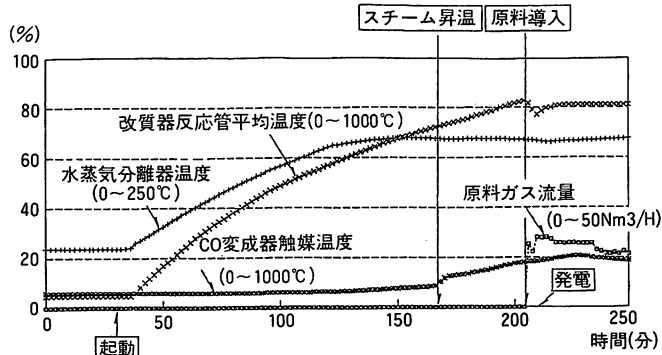


図-5 起動特性

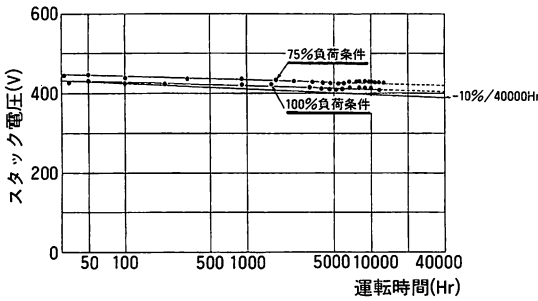


図-6 電池特性経時変化

(4) 環境性

定格出力において測定した排ガス分析結果では、ばいじん、SO<sub>x</sub>ともほとんどなく（測定限界値以下）、またNO<sub>x</sub>も4 ppm（O<sub>2</sub>: 7%換算）程度で、環境性に優れていることが確認された。このようにNO<sub>x</sub>値が低いのは、改質器のオフガス燃焼（水素を主成分とする発熱量の少ない燃焼）によるものである。

(5) 高調波

高調波は系統連系時において、0.6%程度であり、目標の2%以下を十分クリアーしている。

(6) 系統連系

運転期間中、送電線への落雷による系統電圧の瞬時低下により、燃料電池の保護リレーが動作して停止したことはあったが、系統連系保護装置が働いたことはなく、燃料電池の電力系統への影響は皆無であった。

6.3 停止回数・トラブル要因

運転期間中、60回の運転停止を経験したが、その内訳は下記のとおりである。

(1) 停止回数の内訳

・計画停止	24回
・試験停止	13回

・故障自動停止	23回
合計	60回

(2) 故障停止の要因区分

・プロセス系	4回
・電池系	0回
・電気系	4回
・制御系	3回
・弁計装品	6回
・外部要因 (送電線への落雷)	2回
・その他 (排熱利用システム関係)	4回
合計	23回

7. 運転保守性の評価

7.1 運転性

燃料電池の起動・停止は簡単なボタン操作のみで自動化されており、運転中は随時運転状態をチェックする程度で、通常は無人運転が可能であった。

7.2 保守性

水処理装置のイオン交換樹脂およびフィルターを2カ月に1回程度交換する他は、年に1回の定期点検（配管の清掃、調整弁や計装機器の点検・調整、フィルターの交換）で充分であることがわかった。本機は試作機であるため、機器類の故障や運転上の不具合もあったが、基本的に軽微なものであり、適宜改善して運転を継続することができた。

7.3 安全性

燃料電池設置後約2年にわたる運転期間中、安全面で何の支障もなく、故障発生時にも異常を自動検出して安全に自動停止するなど、人口集中地域に設置される燃料電池として重要なシステムの安全性の確証が得

られた。

## 8. 今後の課題

この種のオンサイト用燃料電池としては、国産第一号機であり、リン酸型燃料電池の熱回収において、蒸気直接取り出しによる二重効用吸収式冷温水機の運転は世界初の試みであったが、良好な結果が得られている。本報告の各データが示すとおり、この試作機は技術的には実用機として使用可能なレベルといえる。ただし、市場導入に向けてはシステムの簡素化、効率・耐久性の向上、コストダウンなどまだまだ多くの改善

が必要であると考えられる。

## 9. おわりに

本研究に当たっては、通商産業省工業技術院ムーンライト計画推進室、新エネルギー・産業技術総合開発機構の燃料貯蔵技術開発室のご指導はもとより、通商産業省資源エネルギー庁技術課、発電課の適切なご指導を頂いたことに対し、関係者一同感謝の意を表しています。また、営業中のホテルであるにもかかわらず、特段のご協力をいただいたホテルプラザ殿他関係者の方々にお礼を申し上げたいと思います。

### 他団体ニュース

## 「第2回石炭利用技術会議」開催ごあんない

1. 日時 平成4年9月3日(木) 講演会 9:30~17:00 懇親会 17:20~19:00  
9月4日(金) 講演会 9:20~16:50
2. 会場 科学技術館 地下2Fサイエンスホール (東京都千代田区北の丸公園2-1  
TEL 03-3212-8471(代))
3. 参加費 会員:10,000円 非会員:17,000円(2日分, 資料代, 消費税含む)  
\* 資料のみのご希望は, 資料代10,000円(会費は8000円)にて申し受けます。
4. 申込締切 8月20日(木)

### ■ 申込み・問合せ先

〒169 東京都新宿区大久保2-3-4 (出光新宿ビル6F)

財団法人 石炭利用総合センター事業促進部 (三輪, 工藤)

TEL 03-5273-3764 FAX03-5273-3765