

りん酸形燃料電池の展望

吉岡 浩

富士電機システムズ株式会社

〒191-8502 東京都日野市富士町1番地

Prospect of PAFC

Hiroshi Yoshioka

Fuji Electric systems Co., Ltd.

1, Fuji-machi, Hino-city, Tokyo 191-8502

Fuji Electric Group has been developing phosphoric acid fuel cell(PAFC) since 1972 and has delivered 25 100kW PAFC power system since 1998 as commercial base. In 2009, Fuji Electric launched the new model FP-100i, newly and fully developed. FP-100i attempts to improve user's convenience by integrating peripheral equipments. The paper describes the usage expansion and business development of FP-100i.

Keywords: phosphoric acid fuel cell(PAFC) , 100kW, new model, FP-100i

1. 緒 言

燃料電池には、使用される電解質の種類によって、アルカリ形(AFC)、固体高分子形(PEFC)、りん酸形(PAFC)、熔融炭酸塩形(MCFC)、固体酸化物形(SOFC)があり、動作温度、規模、用途などが異なる。

200℃付近で作動するりん酸形燃料電池は、業務用として最も早く実用化されており、富士電機では1998年から商品機の販売を開始している。

本稿では、りん酸形燃料電池開発経緯と導入実績実績について報告し、富士電機のりん酸形燃料電池の特徴と2009年から発売を開始した新型機種(FP-100i)の特徴、適用用途および今後の展望について述べる。

2. りん酸形燃料電池開発の経緯

りん酸形燃料電池の開発は1970年代、米国のTARGET計画、GRI計画、FCG-1計画など米国UTC社を中心に進められ、90年代にUTC社の子会社であるONSI社が200kW機の開発を行い、米国、欧州、日本を中心に200台以上の販売を行った。なお、UTC社は新規に400kW機を

2009年から販売開始したことを発表している。

わが国では1970年代のオイルショックを契機に、石油代替エネルギー研究開発としてサンシャイン計画、ムーソライト計画が策定・実行され、1990年代に入り、ニューサンシャイン計画に引き継がれた。この計画では産学官連携の下、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)を通じたエネルギー・環境技術の研究開発の推進体制が整備され、新エネルギー技術及び省エネルギー技術の確立・実用化・導入促進のためにフィールドテスト事業が精力的に進められた。表1に1991年以降の導入実績を示すが、国内外合わせて400台以上になる。[1]

表1. りん酸形燃料電池の導入台数[1]

	国内 (2009年3月末現在)	国外 (2008年3月末現在)	合計
累積導入台数	230	205	435
運転台数	41	58	99
運転中の発電容量合計(kW)	6,300	12,200	18,500

富士電機では、1973年にりん酸形燃料電池の開発に着手し、1983年には国産で初となる30kW機を開発し、前

記ムーンライト計画では離島向けメタン燃料の200kW機、電力事業向け1MW、5MW機の開発を手掛けた。さらに、1986年からはオンサイト向け50kW、100kW、500kW機を開発し、ガス会社および電力会社の協力のもと100台を超えるフィールドテストを実施してきた。

1998年には、それらの経験とノウハウを反映させた100kW商品機の販売を開始し、現在までに25台を出荷している。燃料電池本体の最長累積運転時間は52,000時間に達し、オーバーホールを行った装置では国内最長となる91,568時間(当社調べ)を達成した。2006年からは、60,000時間の設計寿命を持つ商品機の販売も開始した。

表2に100kW燃料電池の導入実績と運転状況を示す。

表2. 100kW燃料電池の導入実績と運転状況

	納入先	燃料	オーバーホール周期期間 (h)	納入時期	累積運転時間 (h)	運転状況	オーバーホール
1	病院	都市ガス (13A)	40,000	1998年3月	44,285	終了	
2	ホテル			1999年3月	91,568	終了	実施済
3	大学			2000年4月	41,735	終了	
4	オフィスビル			2001年3月	42,666	終了	
5	オフィスビル			2001年3月	48,734	終了	
6	オフィスビル			2000年7月	64,117	運転中	実施済
7	オフィスビル			2000年7月	48,269	運転中	
8	実証試験	バイオガス	60,000	2001年7月	10,952	終了	
9	研修施設	都市ガス(13A)		2001年12月	66,442	運転中	実施済
10	下水処理場	消化ガス		2002年3月	68,157	運転中	実施済
11				2002年3月	68,391	運転中	実施済
12	病院	都市ガス (13A)		2003年7月	58,160	運転中	実施済
13	大学			2003年10月	49,731	運転中	実施済
14	展示施設			2003年11月	53,199	運転中	実施済
15	オフィスビル			2004年1月	51,486	運転中	実施済
16	病院			2004年3月	48,825	運転中	
17	展示施設			2006年3月	34,646	運転中	
18	病院			2006年3月	32,155	運転中	
19	病院	2006年3月		32,377	運転中		
20	下水処理場	消化ガス		2006年12月	29,680	運転中	
21				2006年12月	29,181	運転中	
22				2006年12月	29,068	運転中	
23				2006年12月	29,198	運転中	
24	庁舎	都市ガス(13A)		2007年9月	20,633	運転中	
25	オフィスビル	都市ガス(13A)		2009年1月	10,700	運転中	

運転期間は2010年4月1日現在

3. 富士電機のりん酸形燃料電池の特徴

富士電機の100kWりん酸形燃料電池商品機の主な特徴を以下に示す。

①高い信頼性[2]

信頼性の点では一部セルの急激な劣化現象を、セル内のりん酸挙動を確認して、新しい構造のセルを開発することにより克服した。耐久性の点では、40,000時間の運転実績を基に、空気極触媒の改良とりん酸保持量の改良を実施することで60,000時間の設計寿命を達成した。

40,000時間後のセル特性は目標である10%低下の値を大きく上回っていた。図1に電池スタックの運転実績を示す。

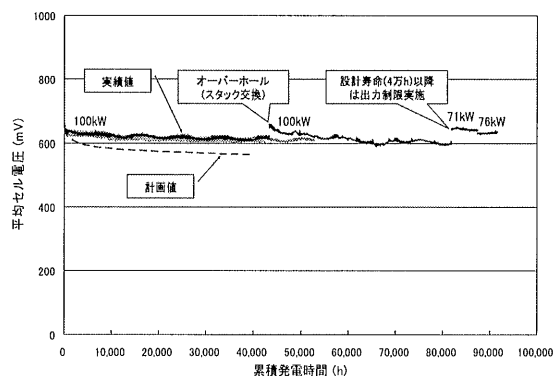


図1. 電池スタックの運転実績

②低出力から高出力まで発電効率が高い

部分負荷でも40%以上の発電効率で運転可能であるため、高い効率を維持した出力調整運転が可能である。電力需要の高い日中は100kWの定格で運転し、休日・夜間など需要が低減する場合は、需要に応じた部分負荷運転を行なう等のパターン運転が実施できる。

③多様な燃料が利用可能

発熱量の異なるLPガス、都市ガス、消化ガス、水素など様々な燃料ガスへ対応できる。この特徴を生かして燃料の切り替えが可能となり、災害時に都市ガスなどのライフラインが停止したときでも備蓄してあるLPガスなどへ切替えることで運転を継続できる。

④優れた環境性

装置から排出されるガス中の窒素酸化物、硫黄酸化物はそれぞれ5ppm、検出下限界以下であり、他の発電機と比べて極めて低レベルである。また、化学反応で発電するため、発電部に回転体がなく、さらにパッケージ内配置とパネル構造を工夫し、騒音は機側1mで65dB(A)以下を達成している。このことから病院、ホテルなどの静粛性が要求される施設にも容易に設置が可能である。

⑤年間連続運転が可能

安定的な運転を継続するために、停止点検は年1回、それ以外にフィルタ交換などの定期的なメンテナンスは運転中に交換できるように設計しており、1年間(8,000時間以上)の連続運転が可能である。

4. 新型100kW機 (FP-100i) の開発

富士電機システムズでは2009年10月よりコストダウン

と機能アップを図った100kW燃料電池の新型機FP-100iの販売を開始した。表3に新型機FP-100iの仕様を、図2に概観写真を示し、以下に特徴を記す。[3]

表3. FP-100iの仕様

定格出力	AC 105kW (発電端)
出力電圧	3Φ3W, 210V / 220V
周波数	50Hz / 60Hz
発電効率	42% [LHV] 発電端 [消化ガス:40%]
熱出力 (右欄の①又は②のどちらかを選択)	① 高温排熱回収タイプ 50kW (90℃) 総合効率:62% [LHV]
	② 中温排熱回収タイプ 123kW (60℃) 総合効率:91% [LHV]
排気ガス	NOx:5ppm以下 [O ₂ 0%] SOx,dust:検出下限界
燃料消費量	都市ガス :22m ³ /h (Normal) [消化ガス :44m ³ /h (Normal)]
運転方法	全自動運転, 系統連系, 単独運転※1
寸法	2.2m (W) x 5.6m (L) x 3.4m (H)
質量	15ton [消化ガス 16ton]

※1: 単独運転時の負荷については、お問い合わせ下さい。



図2. FP-100iの外観写真

①パッケージ化による工事費の削減

排熱処理の空冷式冷却器や窒素設備、水処理樹脂などの付帯設備の一体化を図り、1ユニットに集約して、設置工事の簡素化と設置面積の低減を可能とした。設置面積は従来機の53%に削減でき、パッケージの取り合い配管も5本のみとして、大幅な設置工事費の低減を達成した。

②対環境性の改善

国内の屋外設置を考慮して、パッケージ内機器配置を主機室と補機室に分け、熱流体解析により機器放熱と換気流量の最適化により-20℃~40℃の環境下への適用を可能とした。環境試験室における評価試験を実施し、上記運転温度範囲で支障なく運転可能であることを確認

している。また耐震性の向上を図るため、計画段階から強度解析を実施し、構造設計に反映させた。さらに実際に本装置を振動試験機に搭載し、模擬の地震波による振動試験を行い、振動試験完了後にも問題なく発電できることを確認している。

5. リン酸形燃料電池の用途開発

燃料電池の普及拡大のためには、他の発電装置では実現することのできない、燃料電池の特長を最大限に生かした用途拡大が必要である。従来の都市ガスや下水消化ガスを燃料としたコージェネレーション装置としての用途に加え、備蓄したLPガスと都市ガスの燃料切替機能を有した災害対応や副生ガスへの対応、水素供給機能対応などで市場拡大を目指している。図3に燃料電池の用途開発状況を示す。また来るべき低炭素社会を目指して、水素を二次エネルギーとして電力とうまくミックスさせていくために数々の社会実証が行われようとしている。ここでは水素を燃料として高効率に発電する純水素対応の燃料電池と、燃料電池自動車向けの水素供給機能対応の燃料電池について述べる。

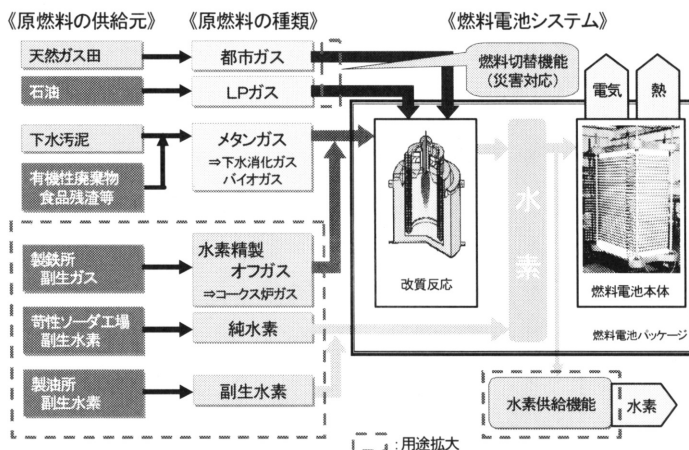


図3. 燃料電池の用途開発

①純水素対応燃料電池

製鉄所などにおいて、コークスを乾留する工程で排出されるCOG (コークス炉ガス) には、水素が50~60%程度含まれている。COGは、一般的に火力発電やボイラーの燃料として使用されているが、それら以外にCOGをPSA(Pressure Swing Adsorption)で処理し、純度の高い水素を精製することにも利用されている。この高純度水素をパイプラインで製鉄所の外へ送り、水素ステーション

や純水素タイプの燃料電池による発電を行う実証試験が、2009年度より開始された。

純水素タイプの燃料電池システムのフローを図4に示す。燃料の改質を必要とせず、水素をダイレクトで供給し発電するシステムで、シンプルで高効率な発電装置が実現できる。燃料電池から出てきた排水素はそのまま排気せず、エゼクタによりセル入口に戻して利用し、高水素利用率を実現することで、定格で48%（発電端）、部分負荷では50%以上の高発電効率システムを構築することができ、ボイラー利用と比較し二酸化炭素削減効果は1.6倍となる。なお、エゼクタでは燃料である副生水素の圧力を駆動源として排水素をリサイクルさせるため、副生水素の供給圧力は80~100kPaG程度が必要となる。[4]

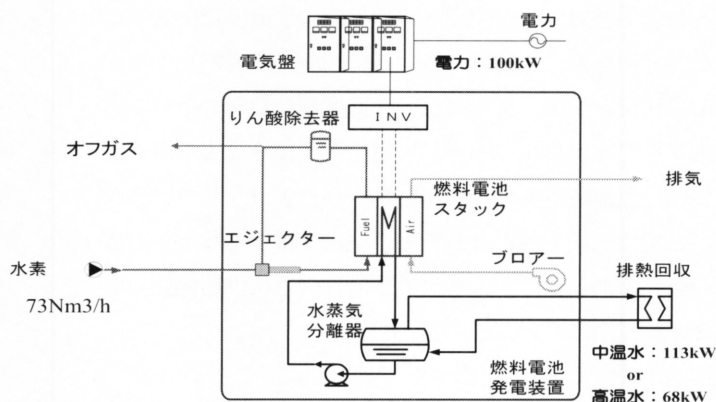


図4. 純水素対応燃料電池のフロー図

②水素供給機能対応燃料電池

燃料電池の内部には、都市ガスや消化ガスを水素に変換する改質装置が内蔵されている。改質装置と燃料電池スタックの途中から水素リッチな改質ガスを外部に取り出し、水素精製することで電気と熱に加え、水素供給もできるトリジェネレーションが可能な発電装置となる。昼間は通常のコージェネレーションとして電力と熱を利用し、電力負荷が少ない夜間には発電出力を下げ、下げた分の水素製造能力により水素ガスを取り出し、外部に供給できるシステムである。燃料電池車の台数が増えていく間の小型水素ステーションへの適用が考えられる。大都市近郊では都市ガスを燃料とし、地方では下水処理場の消化ガスを燃料とすることで、水素ステーションの面的な確保が可能になる。特に消化ガスを燃料とすると、供給する水素はバイオ水素となり、CO2フリーのグリーン水素が安定して供給できることになる。将来的に燃料電池自動車が爆発的に普及するまでは、専用の大型水素ステーションの設置だけでなく、このようなコージェネ

レーションと兼用の小規模タイプの水素ステーションも選択肢のひとつとなる。図5に水素供給対応燃料電池の概念図を示す。[5]

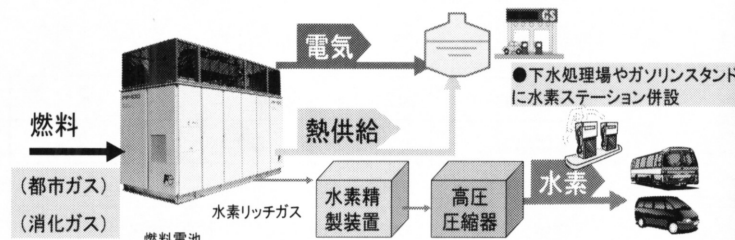


図5. 水素供給機能対応燃料電池

6. 結言

わが国は、2020年にCO2を25%削減することを国際公約とした。これはさらなる省エネ、高効率なエネルギー利用を行わなければ達成不可能な数値である。燃料電池は高効率なコージェネレーション機器として、CO2削減の強力なツールとなる。都市ガス燃料の場合最大で年間約400トン、純水素の場合に約760トン、下水消化ガスの場合には約800トンのCO2削減が見込まれる。富士電機システムズの100kW燃料電池は、6万時間の高い耐久性を持ち、燃料電池の中でもトップランナーとして普及段階にある。

富士電機システムズでは2009年4月に年産20台規模の燃料電池工場を整備し、新型FP-100iの拡販に取り組んでいる。今後も長年培った燃料電池技術を活用し、各種アプリケーションの適用拡大を進め、地球温暖化防止および環境保護に真の意味で貢献し、持続可能な社会の実現に貢献していく所存である。

参考文献

1. 水素と燃料電池の未来技術調査専門委員会編：「未来エネルギーネットワークにおける水素と燃料電池」、電気学会技術報告、第1166号、p32 (2009)
2. 瀬谷彰利：「燃料電池実用化への闘い」、表面科学 Vol.28、No.10、p.601-605 (2007)
3. 千田仁人：「PAFCのポテンシャルティと導入実績」、燃料電池 Vol.9、No.4、p11-17(2010)
4. 吉岡浩：「100kW燃料電池の用途拡大と今後の事業展開」、第17回燃料電池シンポジウム講演予稿集(2010)、印刷中
5. 東京ガスプレスリリース
<http://www.tokyo-gas.co.jp/Press/20040517-1.html>