燃料電池の現状と開発状況

堀内　義実（ほりうち　よしみ）　西垣　英雄（にしがき　ひでお）　黒田　健一（くろだ　けんいち）

1　まえがき

京都議定書が2005年2月に発効したことを受け，わが国でも温暖化ガスである二酸化炭素（CO_2）の削減への本格的な取組みが求められている。2005年4月に閣議決定された京都議定書目標達成計画によると，燃料電池は2010年で約220万kW，このうち業務用は約100万kWの導入が見込まれている。このような状況の中，富士電機では市場投入している100kWりん酸形燃料電池（PAFC）のさらなる普及を目指し，低コスト化，用途拡大の開発を進めている。また，PAFCの開発で培った技術を適用し，1989年から固体高分子形燃料電池（PEFC）の開発を行ってきた。

本稿では，PAFCの現状とその適用分野拡大のための水素供給システムの開発状況，およびPEFCの開発状況について述べる。

2　PAFCの導入状況

2.1　納入実績，用途別導入先の運用状況の概要

商品機の導入実績とその累積運転時間を**表1**に示す。1998年から出荷を開始した第一次商品機は，病院，スーパーマーケット，ホテル，オフィスビルなどに導入され，累積運転時間も約5万6,000時間を超えたものもあり，順調に運転を継続している。また，2001年から出荷を開始している低コストタイプの第二次商品機においても，累積運転時間が2万8,000時間を超え，低コスト化を実現しつつ高信頼性を維持した商品機となっている。第一次・第二次商品機ともに，稼動率は95％を超え，耐久性，信頼性ともに高いレベルを実現している。

表1　PAFC商用機の導入実績

	設置場所	用途目的	納入時期	燃　料	運転時間（h）
第一次商品機	日本赤十字姫路病院	病院	1998年8月	都市ガス	44,265
	名古屋栄ワシントンホテルプラザ	ホテル	1999年3月	都市ガス	56,637
	コープこうべ姫路白浜店	商業施設	1999年3月	都市ガス	運転終了
	慶応義塾大学湘南藤沢キャンパス	大学	2000年4月	都市ガス	41,687
	西日本電信電話株式会社広島支店袋町ビル	オフィス	2001年3月	都市ガス	38,230
	西日本電信電話株式会社広島支店基町ビル	オフィス	2001年3月	都市ガス	39,541
	東京ガス株式会社田町基礎技術研究所17号	オフィス	2000年7月	都市ガス	42,666
	東京ガス株式会社田町基礎技術研究所18号	オフィス	2000年7月	都市ガス	44,638
	環境省地球温暖化対策実施事業	実験施設	2001年1月	消化ガス	運転終了
第二次商品機	株式会社富士電機能力開発センター	研修所	2001年12月	都市ガス	30,311
	山形市浄化センターNo.1	下水処理場	2002年3月	消化ガス	29,780
	山形市浄化センターNo.2	下水処理場	2002年3月	消化ガス	30,080
	医療法人宏潤会大同病院	病院	2003年7月	都市ガス	19,851
	日本赤十字豊田看護大学	大学	2003年10月	都市ガス	11,650
	東京ガス株式会社環境エネルギー館	展示施設	2003年11月	都市ガス	14,666
	岡崎信用金庫本部ビル	オフィス	2004年1月	都市ガス	13,296
	草加市立病院	病院	2004年3月	都市ガス	10,557

運転時間は2005年10月19日現在

堀内　義実

燃料電池および新エネルギー発電システムのエンジニアリング業務に従事。現在，富士電機システムズ株式会社e-ソリューション本部エネルギーソリューション統括部EMシステム二部マネージャー。

西垣　英雄

加圧・大型の燃料電池発電装置および水素製造装置の開発・エンジニアリング業務に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー株式会社燃料電池部。

黒田　健一

りん酸形燃料電池のプラントエンジニアリング，固体高分子形燃料電池の開発に従事。現在，富士電機アドバンストテクノロジー株式会社燃料電池部マネージャー。電気化学会会員。

開発目標であった寿命4万時間（約5年間）の運転実績を持つ機種も増えてきており，**表2**のように商品機以前の機種を含めると11台を超えている。今後，商品機の運転が順調に推移すれば，4万時間を超える機種が続々と現れ，オーバホール（燃料電池本体や改質系機器などの主機の交換）を実施しながら，より長時間運転する機種が増えていくものと考えられる。

2.2　今後の導入計画

富士電機では，商品機での4万時間運転実績をベースに，燃料電池本体や改質系機器に改良を加えた6万時間対応機種を2005年度から出荷する。出荷予定となっている機種は展示施設に1台，病院に2台，下水処理場に4台がある。寿命を6万時間（おおむね7年半）とすることで，オーバホール回数を低減でき，設備回収コストを低減することができる。

今後は，これまでの信頼性実績をPRし，さらなる低コスト化を推進し普及拡大を図っていく。一方，PAFCは都市ガスだけではなく，消化ガス，バイオガスといった再生エネルギーを燃料として利用するなど，その適用範囲は広がってきている。

3　定置用燃料電池を利用した水素供給システム

富士電機は，PAFCの原燃料として都市ガスのほかに，生ごみを発酵して得られるバイオガス，下水消化ガスを利用した実績を有し，燃料電池の適用分野の拡大に努めてきた。定置用燃料電池を利用した水素供給システムは発電と排熱利用のコージェネレーションと同時に高純度水素の製造・供給ができ，燃料電池の適用分野のさらなる拡大を目指して開発を進めている。

3.1　システムの概要

定置用燃料電池を利用した水素供給システムは，富士電機が製造・販売している100 kWりん酸形燃料電池発電装置から，発電の燃料である水素リッチな改質ガスの一部を装置外へ取り出し，圧縮機，PSA（Pressure Swing Adsorption）を利用して99.99％以上の高純度水素を製造する。すなわち，発電とともに高純度水素を併せて製造できるシステムである。

このシステムは東京ガス株式会社からの委託により開発しており，富士電機はりん酸形燃料電池発電装置および取り出した改質ガスから余剰な水分を除去するための改質ガス冷却器（バッファタンクの機能も併せ持つ）の設計，製作および全系の制御を担当している。システムの概略構成を**図1**に示す。

表2　PAFC累積運転時間4万時間以上の台数

累積運転時間（h）	台　数
40,000～45,000未満	9
45,000～50,000未満	0
50,000以上	2
合　計	11

（商用機以前の試作機も含む）

3.2　開発の概要

このシステムは，2006年度の市場投入を目指して2003年度下期に開発を開始した。

(1)　2003年度：基本設計の検討実施

既存の燃料電池発電装置の主要機器の変更を要さない条件で，どれだけの改質ガスを発電装置外へ取り出せるか検討した。基礎検討の結果，取出し可能な改質ガスの流量と発電負荷の関係を**図2**に示す。

(2)　2004年度：詳細設計，既設機の改造

改質ガスを取り出すための既設機の改造，改質ガス冷却器および制御装置の設計・製作・設置を実施した。

(3)　2005年度：商用機の仕様を検討

実証試験と試験結果に基づき商用機の仕様を検討する。

基本設計の検討結果から，高純度水素の製造・供給能力として小容量（8.5 Nm^3/h）と大容量（20 Nm^3/h）を開発対象として設定したが，それぞれ次の供給能力に相当する。

○小容量供給：燃料電池自動車5台/日（バス1台/日）の水素需要に対応可能

○大容量供給：燃料電池自動車12台/日（バス2～3台/日）の水素需要に対応可能

なお，水素の製造・供給能力8.5 Nm^3/hと20 Nm^3/hは，改質ガス取出し量としてそれぞれ20 Nm^3/h，50 Nm^3/hに対応する。

図1　定置用燃料電池を利用した水素供給システムの概略構成

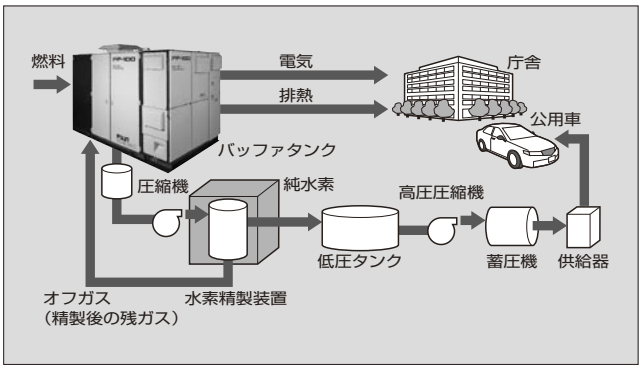
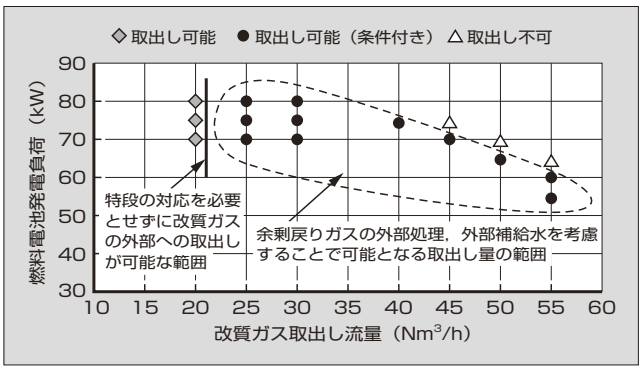


図2　取出し可能な改質ガス流量



3.3　期待される効果

近い将来に水素を燃料として利用する時代の到来が期待されている。その際には，高純度水素を大量に製造し，末端の需要家へ安価に供給されるものと予想される。今回の開発で狙いとしているのは，このような本格的な水素燃料時代までの橋渡し的な役割を担うものであり，次のような効果が期待できる。

(1)　高純度水素の製造・供給の必要のない場合でも，コージェネレーション設備として運用でき，常に高効率なシステムとして環境負荷の低減に寄与する。

(2)　夜間などにおける電力負荷の減少時に生じる，改質ガスの余剰製造能力で水素を製造でき，設備の稼動率向上に寄与する。

(3)　電力，熱の供給メリットを得られることから，初期の導入段階においても低コストの水素供給，もしくは早期の投資回収といった経済性の創出が期待できる。

(4)　燃料電池車の導入に先駆けて定置用燃料電池を設置し，コージェネレーション設備として使用しながら，将来の燃料電池車の導入時に水素供給システム部分を追加設置して水素の供給に対応することも可能である。

4　PEFC の開発

富士電機では 1989 年から固体高分子形燃料電池本体の開発に取り組み，2002 年からは 1 kW 級固体高分子形燃料電池発電装置のシステム開発を進めてきた。一次・二次試作機にて家庭用定置型のシステム実証と課題抽出，容量最適化検討および基礎データの蓄積・評価を行い，改良を重ねてきた。2004 年度に製作した三次試作機と三重県燃料電池実証試験機（以下，三重県フィールドテスト機と称す）の運転状況と 2005 年度開発機の四次試作機の概要について述べる。

図 3　PEFC 三次試作機の運転状況

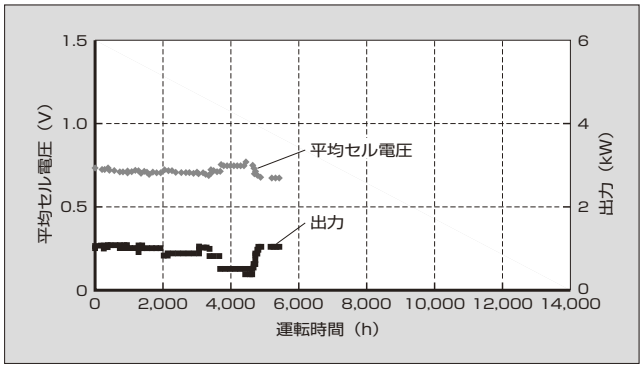
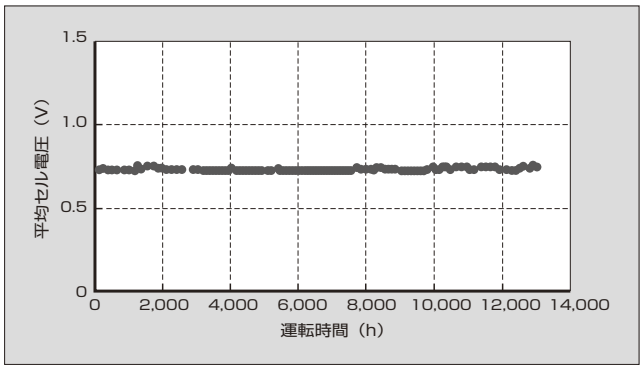


図 4　PEFC 評価用電池スタックの運転状況



4.1　三次試作機の運転状況

この発電装置は三世代目のもので，燃料電池本体の MEA（膜電極接合体）の製法を最適化し，耐久性と信頼性を向上させたセルを採用している。**図 3** に三次試作機の運転状況，**図 4** に三次試作機と同仕様の評価用電池スタックの運転状況を示す（2005 年 7 月現在）。三次試作機で発電装置として 5,500 時間の実績を得ている。電池スタック単体では 1 万 2,700 時間の運転で目標を上回る電圧低下率（2 μV/h 以下）を達成し，セルの改良の効果を確認することができた。

4.2　三重県フィールドテスト機の運転状況

三重県，三重県四日市市，三重県鈴鹿市が実施する「燃料電池実証試験事業」の補助を受けて，2005 年 4 月から四日市市と鈴鹿市の 2 サイトでフィールドテストを開始した。

図 5 に四日市市，**図 6** に鈴鹿市の設置状況を示す。四日

図 5　四日市市フィールドテスト機の設置外観

図 6　鈴鹿市フィールドテスト機の設置外観

図7　四日市市フィールドテスト機の運転状況

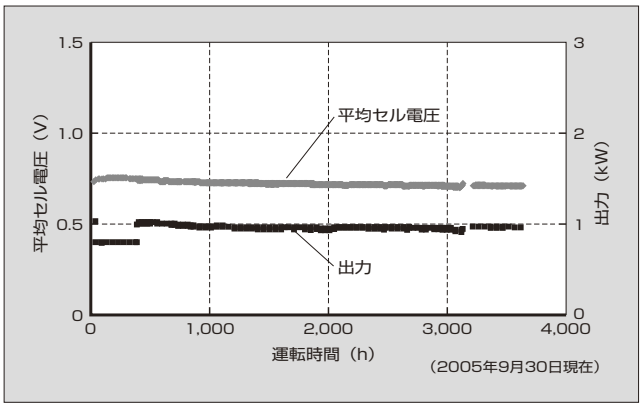


図8　鈴鹿市フィールドテスト機の運転状況

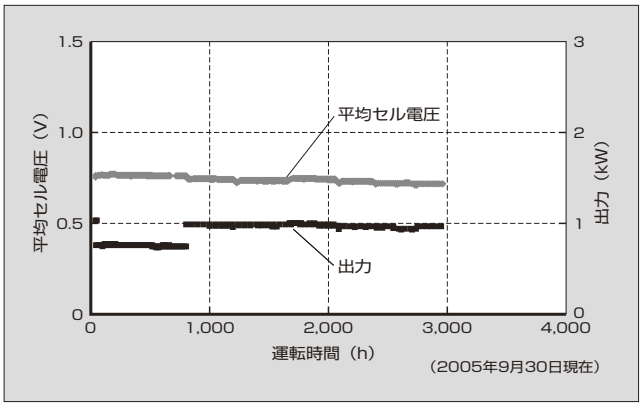
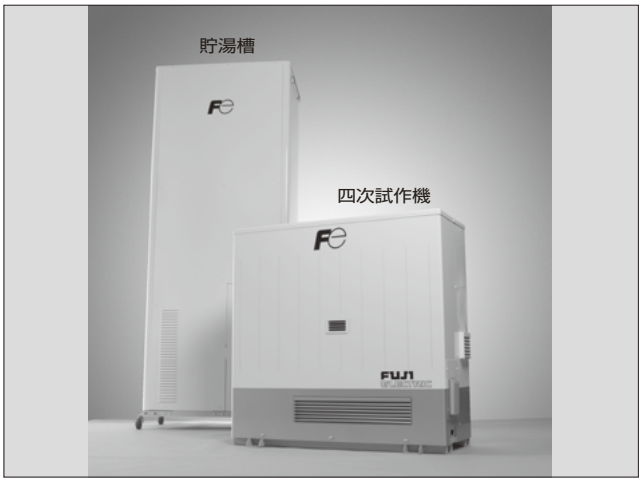


表3　四次試作機の基本仕様

電気出力	1 kW（AC送電端）
出力方式	200V 単相3線式
発電効率	32％ HHV（定格時）
排熱温度	約60℃
排熱回収効率	42％ HHV（定格時）
燃料	都市ガス（13A）
運転方式	全自動
主要寸法	W920×D370×H895（mm）

図9　PEFC 四次試作機の装置外観



市市は，コンビニエンスストア（ファミリーマート四日市高浜町店）に設置し，発生した温水は地域の訪問介護入浴サービスに提供している。鈴鹿市では，一般家庭（鈴鹿工業高等専門学校の官舎）に設置し，家庭の電気と給湯に利用している。**図7**と**図8**に，四日市市と鈴鹿市での運転状況を示す。2005年9月30日現在で，運転時間はそれぞれ約3,600時間と約3,000時間である。

4.3　四次試作機の開発状況

現在，電池スタックの大幅なコストダウンを図った四次試作機の製作，評価を進めている。四次試作機の基本仕様を**表3**に，装置の外観を**図9**に示す。発電効率と排熱回収効率の向上を図るとともに，起動停止時のパージ用窒素が不要な仕様となっている。今後，社内で評価を開始し，連続運転と起動停止運転における信頼性と耐久性を確認する予定である。さらに，耐久性向上と量産を目指した開発を進め，商品化を加速する予定である。

5　あとがき

水素は利用段階で CO_2 を排出しないエネルギー媒体であり，かつ非化石燃料からの製造も可能であることから，エネルギーセキュリティ上も望ましいエネルギーである。この水素を活用した水素社会の実現のため，キーテクノロジーである燃料電池の早期の普及拡大が望まれている。今後も富士電機は，燃料電池をエネルギー，環境分野でのキーコンポーネントと位置づけ，りん酸形燃料電池の普及拡大と固体高分子形燃料電池の開発を強力に進め，来るべき水素社会への貢献を目指していく所存である。

これまでの関係機関およびユーザー各位のご指導・ご協力に感謝するとともに，今後もなお一層のご理解とご支援をお願いする次第である。

参考文献

(1)　池田洋一ほか．富士電機アドバンストテクノロジー（株）における固体高分子形燃料電池の開発状況．第11回燃料電池シンポシウム講演予稿集．2004, p.65–68.
(2)　小池拓人ほか．富士電機アドバンストテクノロジー（株）における固体高分子形燃料電池の開発状況．第12回燃料電池シンポシウム講演予稿集．2005, p.16–19.
(3)　長谷川雅一ほか．りん酸形燃料電池発電技術の開発と納入状況．富士時報．vol.75, no.5, 2002, p.288–290.
(4)　瀬谷彰利ほか．固体高分子形燃料電池の開発．富士時報．vol.75, no.5, 2002, p.291–294.

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。