

燃料電池開発の動向と展望

古庄 昇 (ふるしょう のぼる)

工藤 飛良生 (くどう ひらお)

吉岡 浩 (よしおか ひろし)

1 まえがき

21世紀を迎え、エネルギー問題と環境問題は日本国内だけではなく、地球規模での対応を迫られている。21世紀の主要な課題が地球温暖化への対応であることから、エネルギー問題はそのまま環境問題となる。今後エネルギーを考える場合、短期的な経済性だけに目を奪われることなく、中長期の環境性にも目配りが必要となるであろう。

燃料電池は分散型発電装置として、また自動車用電源として現在活発な研究開発が行われており、その高効率性、高環境適合性により、新しいエネルギー利用形態として早期の実用化が期待されている。燃料電池は電解質により幾つかの種類がある。主な燃料電池の特徴を表1に示す。各種燃料電池の中で、オンサイト用りん酸形燃料電池のみが商用化段階にある。

富士電機では、1960年代からアルカリ形燃料電池の研究開発に着手し、りん酸形燃料電池は1973年から、固体高分子形燃料電池は1989年から開発を行ってきた。本稿

では、りん酸形燃料電池および固体高分子形燃料電池の開発の動向と展望について述べる。

2 りん酸形燃料電池の開発の動向と展望

2.1 開発の動向

りん酸形燃料電池は電解質にりん酸水溶液を使用した燃料電池であり、燃料電池の運転温度が約180℃と高く、コージェネレーションに適している。

りん酸形燃料電池は、宇宙船の電源として利用されていた純水素-純酸素燃料のアルカリ形燃料電池の代わりに炭化水素を燃料として、地上でも利用できるようにということで1960年代から米国で開発が始まり、1970年代に国内でも開発が開始された。開発の過程では火力発電代替ということで、5MWや11MWという規模のものも実証運転を行ったが、加圧運転によるセルの信頼性や経済性の観点から実用化には至っていない。一方、50kW、100kW、200kW規模のオンサイト用は、小発電容量にもかかわらず発電効率が40%〔LHV (Low Heat Value) 基準〕と高く、当初の開発目標であったセル寿命4万時間(約5年間)を達成し、価格的にも装置単体でkWあたり45万円から60万円程度になっており、国の補助金を利用することで経済的にもメリットの出る段階に達している。

富士電機では2002年3月現在で発電装置として113台(そのうちオンサイト用が101台)、約14,000kWの製作実績があり、特にオンサイト用の100kW機については、2001年10月から従来機の2/3のコストを達成した第二次商品機(FP-100F)を販売開始した。第二次商品機の基本仕様を表2、外観を図1に示す。1998年から販売をしてきた第一次商品機(FP-100E)は高い信頼性と高稼働率で運転されており、第二次商品機はこの信頼性を保持したままコストダウンを達成したものである。今後はオーバーホール期間の延長やさらなるコストダウンを目指している。オーバーホール時のコストの大部分は燃料電池セルスタックであり、セルのりん酸保持時間の延長によりオーバーホール期間を延ばし、ライフサイクルでのコストダウンを図ろう

表1 燃料電池の種類と特徴

種類 項目	りん酸形 (PAFC)	溶融炭酸塩形 (MCFC)	固体電解質形 (SOFC)	固体高分子形 (PEFC)
電 解 質	りん酸 (H_3PO_4)	炭酸塩 (Li_2CO_3 , K_2CO_3)	ジルコニア (ZrO_2)	イオン交換膜
イオン 伝導体	H^+	CO_3^{2-}	O^{2-}	H^+
燃 料 (反応ガス)	H_2	H_2 , CO	H_2 , CO	H_2
原 燃 料	天然ガス, LPG, メタノール, ナフサ, バイオガス	天然ガス, LPG, メタノール, ナフサ, 石炭ガス	天然ガス, LPG, メタノール, ナフサ, 石炭ガス	天然ガス, LPG, メタノール, 水素
運 転 温 度 (℃)	170~ 210	600~ 700	900~ 1,000	常温~ 100
発 電 効 率 (%)	40~45	45~60	50~60	35~60
開発の状況	商用化段階	実証プラント ~実用化開発	実証プラント	実証試験~ 実用化開発



古庄 昇

材料開発、評価、デバイス適用の研究に従事。現在、(株)富士電機総合研究所環境技術研究所長。日本化学会会員、高分子学会会員。



工藤 飛良生

火力、燃料電池、環境装置の設計開発に従事。現在、事業開発室燃料電池部長。化学工学会会員。



吉岡 浩

燃料電池用改質系機器の設計、開発を経て、燃料電池発電装置のシステム開発に従事。現在、電機システムカンパニー環境システム本部事業企画室副室長。化学工学会会員。

としている。現在、セル部材の改良や冷却方法の改善などで、りん酸保持時間を6万時間にするための開発を続けており、2003年度からの実機適用を目指している⁽¹⁾。

環境意識の高まりの中で、りん酸形燃料電池の燃料として下水消化ガス、生ごみや工場廃水をメタン発酵したバイオガスなどを利用する事例が出てきている。これらは都市ガスを燃料としたコージェネレーションの場合と異なり、燃料費がほとんどかからないという利点がある。燃料電池発電システムとしても、都市ガス燃料の場合と異なり、バイオガス中の不純物の処理やバイオガス発生量の変動に対する制御方法の改良など、技術的な対応を行っている。また燃料電池発電装置はインバータを内蔵していることから、商用系統の瞬断時に重要負荷へ電力を供給し続けるような対応も可能にするなど、電力利用の面からもさまざまな適用拡大が試みられている。

2.2 今後の展望

前述したように、各種燃料電池の中で技術的にも経済的にも商用化段階に達しているのは、オンサイト用のりん酸

表2 りん酸形燃料電池 100 kW 機の基本仕様

項 目	仕様値
定 格 出 力 (送電端)	100 kW
定 格 電 圧	200 V (210 V, 220 V)
発電熱効率	40 % (定格時, 送電端, LHV)
総合熱効率	87 % (定格時, 送電端, LHV)
排ガス性状 NOx SOx, ダスト濃度	5 ppm 以下 検出限界以下
高 調 波	総合電流ひずみ率 5 %以下 各次電流ひずみ率 3 %以下
燃料使用量	22 Nm ³ /h (都市ガス13A)
熱 出 力	高温水 90 °C/85 °C (戻り) 180 MJ/h 低温水 50 °C/40 °C (戻り) 243 MJ/h
燃料の種類	都市ガス13A, 低圧
運 転 方 式	全自動運転・系統連系
代 表 寸 法	2.2 m (W) × 3.8 m (L) × 2.5 m (H)
質 量	10 t

図1 りん酸形燃料電池 100 kW 機の外観



形燃料電池のみである。今後はさらなる技術開発によるコストダウンの推進と、バイオガスや下水消化ガスなどへの燃料利用の拡大、重要負荷への電力供給などの適用分野の拡大などにより、着実に市場導入を先導していくものと期待される。燃料電池発電システム導入に対する国の支援策として、「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法」による補助金（補助率：地方公共団体 1/2, 民間 1/3）や「エネルギー需給構造改革投資促進優遇税制」などがある。

活発に研究開発が行われている固体高分子形燃料電池は、りん酸形燃料電池よりも小さな発電容量に向いている点、排熱温度レベルが低い点などから、将来的にはりん酸形燃料電池とそれぞれの得意分野ですみ分けるものと考えている。

③ 固体高分子形燃料電池の開発の動向と展望

3.1 開発の動向

固体高分子であるイオン交換膜を電解質として用いる固体高分子形燃料電池は、ジェミニ宇宙船の電源であったが、その後性能面で優るアルカリ形燃料電池に宇宙船電源としての主役の座を譲っていた。1980年代にイオン交換膜の性能向上と、自動車用電源として燃料電池発電システムの適用検討が行われ、1990年代末から一躍燃料電池開発の中心として、活発な研究開発が行われてきている。

固体高分子形燃料電池は反応温度が常温から 80 °C程度と低く、安価な材料が使える可能性があり、自動車用電源として量産化されれば大幅な価格低減が期待されている。特に化石燃料の枯渇が予想される 2030 年以降は、地球温暖化問題の面からも水素を燃料とした燃料電池が自動車用電源として最も適していると考えられており、自動車メーカーは 2003 年からのカリフォルニア州での ZEV (Zero Emission Vehicle) 規制をにらみながら開発を加速させている。

一方、上記の自動車用とは別に、可搬型および分散型電源として数百 W から数 kW 規模の発電装置も多数のメーカーで開発されており、家庭用コージェネレーション装置として 2005 年頃の商品機投入を目指している。

経済産業省では、燃料電池を次世代のエネルギー・環境分野における「キーテクノロジー」の一つとして位置づけ、特に固体高分子形燃料電池の実用化・普及に向けて、1999 年 12 月に資源エネルギー庁長官の私的研究会として「燃料電池実用化戦略研究会」を設置し、2001 年 1 月に報告を取りまとめ、同年 8 月に「固体高分子形燃料電池/水素エネルギー利用技術開発戦略」を策定した。この中で実用化・普及に向けたシナリオとして、①基盤整備、技術実証段階 (2000 ~ 2005 年頃)、②導入段階 (2005 ~ 2010 年頃)、③普及段階 (2010 年頃以降) の三つの時期に分け、導入目標として 2010 年には燃料電池自動車 5 万台、定置用燃料電池約 210 万 kW、2020 年には燃料電池自動車約 500 万台、定置用燃料電池約 1,000 万 kW を掲げている⁽³⁾。

富士電機では固体高分子膜の性能向上が見えてきた

図2 1 kW 級固体高分子形燃料電池スタック

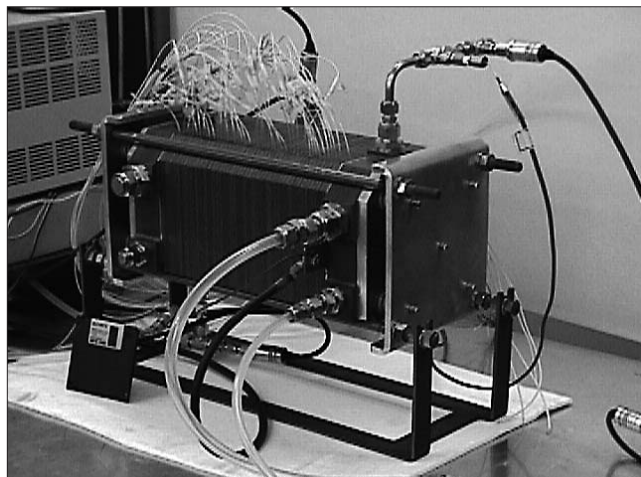


図3 1 kW 級固体高分子形燃料電池発電装置と貯湯槽



1989年から研究開発に着手し、水素燃料の高効率発電装置を目指して、数kW規模のスタックの開発を行ってきた。その後セルの信頼性の向上、セルスタックの小型化などを図り、水素燃料の1kW級スタック（図2）では15,000時間を超えて運転評価を行った。2000年から都市ガス燃料の1kW級発電装置の試作を行い、連続で約1,000時間の運転や起動・停止試験などを行って固体高分子形燃料電池発電システムとしての評価を行った。1kW級発電装置と貯湯槽の外観を図3に示す。改質系機器やインバータなどの発電システムはりん酸形燃料電池の開発で培ってきた技術を適用している。1kW級発電装置の試作、評価により、固体高分子形燃料電池発電システムとしての課題の抽出、コスト低減の見通し、適用用途の検討を行った。

3.2 今後の展望

固体高分子形燃料電池発電システムとして自動車用、家庭用という二つの分野で開発が加速されている。これらはその適用分野の違いにより、性能面、価格面で異なる仕様になるものと思われる。自動車用としては、燃料選択の問題もあり、当面は純水素燃料のものが主に使われるものと思われる。一方、家庭用など定置用の場合には都市ガスやLPG（Liquefied Petroleum Gas）など従来のコージェネレーション用の燃料が使われ、それに対応した改質系機器、改質ガス対応の燃料電池の開発が必要である。燃料電池本体のセパレータ材料などでは、自動車用と定置用とで同じ材料が使える可能性があるが、水素対応と改質ガス対応では電池本体（特に電極）の設計が異なり、発電システムとしても異なった開発が求められる。また定置用として家庭用以外の業務用など、固体高分子形燃料電池の特徴を生かした適用用途の検討も必要であろう。

現状では固体高分子形燃料電池のコストについて言及するレベルにはないが、2005年以降の実証機導入段階までには現状のりん酸形燃料電池発電装置のコストレベル以下までコスト低減を図っておく必要がある。

4 あとがき

21世紀のキーテクノロジーとして早期の実用化が期待されている燃料電池のうち、富士電機で開発を行っているりん酸形と固体高分子形について開発の動向と今後の展望について述べた。

今後も富士電機では、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事業化と固体高分子形燃料電池の開発加速を強力に推進していく所存である。

これまでの長年の開発にあたり、ご指導・ご協力をいただいた国および関係機関、ならびに積極的に導入していただいたユーザー各位に深く感謝するとともに、今後とも導入支援や技術開発支援への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) 瀬谷彰利, 原田孝. りん酸形燃料電池の開発. 富士時報. vol.73, no.4, 2000, p.215-218.
- (2) 秋山幸司. 生ごみバイオガス化燃料電池発電施設, クリーンエネルギー. vol.11, no.2, 2002, p.6-10.
- (3) 大東道郎. 日本の燃料電池開発状況概観. 日本における燃料電池の開発 (FCDIC). 2001, p.4-7.



＊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。