

◆富士電機における燃料電池開発の取り組み = 第 42 回通常総会講演会より =

富士電機ホールディングス(株)
技術・事業戦略本部 技術戦略室
技術戦略担当 氏 家 孝

1. 緒言

昨今、世界各地で地球温暖化の影響と思われる異常気象が報告されている。異常気象の原因とされている二酸化炭素の排出量削減が急務となっているが、世界のエネルギー需要が新興国の経済成長等により増加していることもあり、むしろ排出量は増加の一途である。化石燃料資源にも限界があり、今後はさらなる省エネの推進や再生可能エネルギーの積極的な活用を図っていく必要がある。

燃料電池は、発電効率が高く、大気汚染の原因となる窒素酸化物、硫黄酸化物、粒子状物質の排出量が少ない等、今後の二酸化炭素排出量削減を含めた地球環境問題の解決のために有力な手段となり得る。

本稿では、りん酸形燃料電池(以下PAFC)発電装置の概説と普及拡大のためのアプリケーションについて紹介する。

2. 開発の経緯

燃料電池本体の運転温度が約200℃のPAFCは、発電効率が比較的高く、排熱を利用できることから電力事業用や分散型電源として注目され、1967年から米国でターゲット (Team to Advanced Research for Gas Energy Transformation) 計画において開発が進められてきた。日本では1981年度より、旧通商産業省工業技術院のムーンライト計画に始まり、その後1992年からのニューサンシャイン計画に引き継がれ開発が進められてきた。富士電機は、1973年に開発に着手し、前記ムーンライト計画では離島向けメタノール燃料の200kW機、電力事業向け1MW、5MW機の開発を手掛けた。さらに、オンサイト向けでは50kW、100kW、500kW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。セルスタック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80,000時間を超えて運転している機種もある。このようにPAFCは各種燃料電池中で唯一耐久性、信頼性が実用化段階に達した燃料電池である。

3. 100kWPAFC発電システムの概要

3.1 発電原理

燃料電池は、燃焼プロセスを用いず、水素などの燃料と酸素を化学プロセスにより直接電気を取り出す画期的な発電システムである。

PAFCは、電解質にリン酸を用いメタン等の炭化水素燃料を水蒸気改質して得られた改質ガス中の水素と、空気中の酸素で発電を行う。水素と酸素をそのまま反応(燃焼)させるのではなく、電解質で隔てられた水素と酸素をそれぞれ燃料極触媒と空気極触媒で酸化、還元反応させることで、直接電気エネルギーを取り出している。

電解質のリン酸は蒸気圧が非常に低いため、PAFCは水の沸点を上回る約200℃で運転することができる。このため、水蒸気改質反応に必要な水蒸気をセルスタックの余剰熱でまかなえるほか、その余剰熱を冷房等の空調にも利用することができる。

3.2 システム構成

図1に、メタンを主成分とする都市ガスを原燃料とした場合のPAFC発電装置構成を示す。都市ガス中の付臭剤(硫黄化合物)は、触媒を被毒させて性能低下を引き起こすため、脱硫器で除去している。改質器では、水蒸気改質反応により水素リッチなガス(改質ガス)に改質され、さらにCO変成器で一酸化炭素濃度を低減させた後、セルスタックの燃料極に供給される。セルスタックは、この改質ガス(水素)とブローにより供給された空気(酸素)により、直流電力を発生させる。この直流電力は、インバータで交流電力に変換されて、系統に供給される。

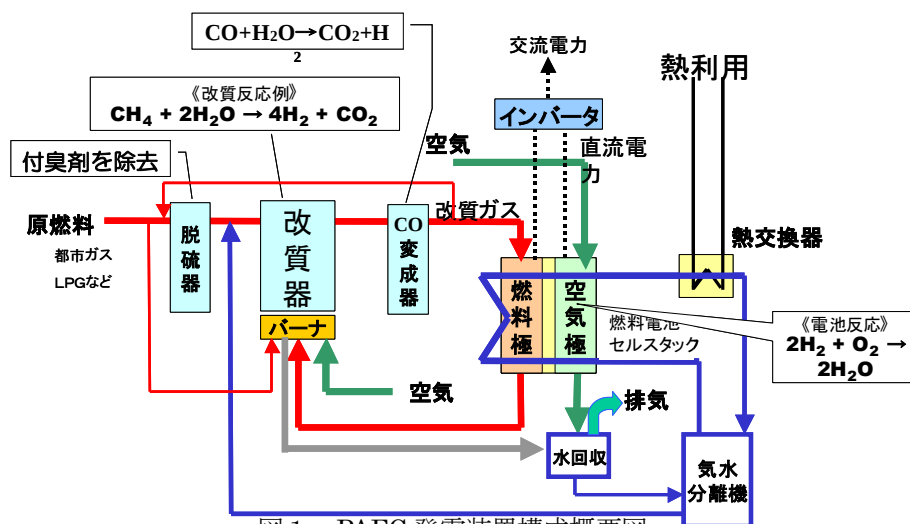


図1 PAFC 発電装置構成概要図

燃料電池発電装置は、改質プロセスで水蒸気を消費することになるが、セルスタックで生成した水を排熱回収装置で回収してリサイクルしている。

3.3 特徴

一般的に燃料電池は高効率、環境適合性などの特徴があるが、それに加えて、PAFC 発電装置は以下の特徴を持つ。

- ①低出力から高出力まで発電効率が低い：出力を下げても効率は低下せず、部分負荷でも高い発電効率を維持する。また、出力調整運転が可能で定格と部分負荷といったパターン運転が可能である。
- ②多様な燃料に対応可能：発熱量の異なる様々な燃料ガスに対応できる。また、LP ガスから都市ガスへの切り替え、またその逆も可能であり、災害などでライフラインが停止したときでも運転を継続できる。
- ③排出ガスがクリーンで低騒音：NO_x、SO_x、ばいじん、PM（粒状物質）はほとんど排出されず、規制が厳しい都市部にも容易に設置できる。また、主要な構成機器に回転部がないため、機側1mでスケール65 d B (A)以下と騒音が小さく、病院やホテルなど静けさが要求される施設にも、容易に設置可能である。

表1 100kW 燃料電池発電装置の主な仕様

定格出力	100 kW（送電端）
電圧(周波数)	210V (50/60Hz), 220V (60Hz)
発電効率	42%（発電端、LHV）
総合効率	87%（LHV）
熱出力	90℃温水、50℃温水
燃料流量（定格時）	都市ガス 13 A 22 m ³ /h 下水消化ガス 45 m ³ /h
代表寸法	3.8m (L) × 2.2m (W) × 2.5m (H)
質量	10 ton



図2 100kW 燃料電池発電装置外観

3.4 外観と主な仕様

100kWPAFC 発電システムは、PAFC 燃料電池発電装置、排熱処理設備、水処理装置、窒素供給設備などから構成されている。燃料電池発電装置の仕様を表1に、外観写真を図2に示す。

燃料電池発電装置の電気出力と排熱出力の比は約1：1であり、熱の需要が見込めるサイトへの導入に適している。90℃の高温水は、主に排熱投入型吸収式冷温水機を利用して施設の空調（冷暖房）に、また50℃の温水は、貯湯槽の加温や給湯予熱等に利用されている。下水処理場では、低温水を高温水で加熱した中温水を消化槽の加温に利用している。

4. P A F C の用途拡大

1998 年の商品化以降、これまでに 25 台の 100kWPAFC 発電システムを納入してきた。図3に、納入先毎の設置台数を示す。病院やオフィスビル等、従来のコージェネレーション市場の他、再生可能エネルギーとして注目されている下水処理場への導入が増加している。PAFC が、燃料電池のトップランナーとして普及し、社会へ貢献するためには、PAFC の特長を活かした適用用途の拡大と導入採算性を満たすコストダウンを達成する必要がある。図4に示すように様々な原燃料から水素を取り出す用途も開発されている。以下にそれらの原燃料毎による燃料電池と電源セキュリティ向上などのアプリケーションを紹介する。

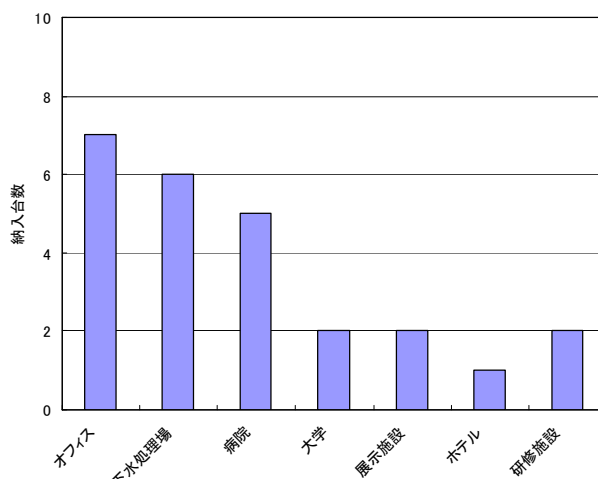


図3 納入先と納入台数

4.1 下水消化ガス利用

全国で約 1900 箇所の下水処理場のうち消化ガスを発生できる設備を持っている処理場は 300 箇所余りであり、年間 2 億 7000 万トンの消化ガスを発生している。しかし、消化ガスを利用して発電を行っているのはそのうちわずか 16%にとどまり、36%は有効利用がなされていない。この量を 100 k WPAFC 発電装置に使用した場合、約 200 台の潜在市場となる。また、現在、日本国内の生ゴミの年間総排出量は約 2,000 万トンであり、その多くは焼却処分され、これも CO₂ 排出要因となっている。PAFC は多様な燃料に対応可能であるため、生ゴミを嫌気性発酵させて得られるバイオガスによる発電システムを構築することにより、省エネルギー効果、CO₂ 削減効果が期待できる。

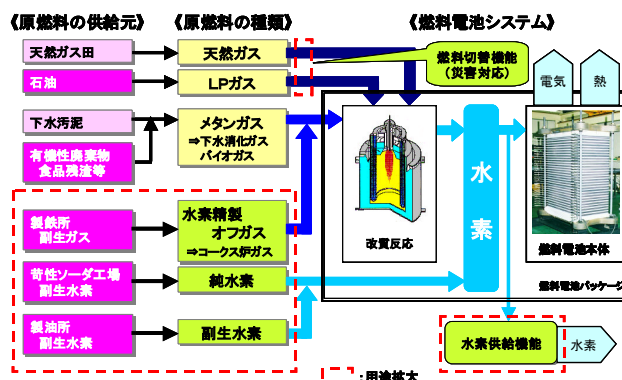


図4 原燃料毎の用途開発

4.2 純水素、副生水素の利用

ソーダ工業など電解工場では、副生物として水素が発生している。従来、副生水素の用途としては、ほとんどがボイラー用燃料であった。このガスを燃料電池に用いると、効率よく発電できるだけでなく CO₂ 削減にも貢献できる。水素濃度 99.9% の副生水素を利用した場合のりん酸形燃料電池は、99.9% の高濃度水素を燃料とするため、高い水素利用率が可能で、高発電効率システムを構築することができる。

4.3 水素供給機能付システム

水素供給機能付システムはりん酸形燃料電池の改質機能に着目したもので、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である。昼間はコージェネレーションで電力と熱を利用し、負荷が少ない夜間には発電出力を低下させ、燃料電池に供給される改質ガスの一部を取り出し水素精製装置を利用して純水素を外部に供給できるシステムである。このシステムは、燃料電池車の本格的な普及に先駆ける水素供給インフラとしての役割を果たすものと期待されている。燃料電池車の普及途上においては、水素ステーションの稼働率が低い、本システムを適用すれば、昼間はコージェネレーションで省エネし、夜間はトリジェネレーションで水素供給が可能となる。

4.4 災害対応施設向け利用（電源セキュリティの向上）

災害対応施設向けの PAFC 発電システムは、通常、クリーンかつ省エネルギーの地球に優しいコージェネレーション装置として系統連系運転を行い、都市ガスの供給が停止した場合には、備蓄 LP ガスに切り替えて運転が可能なシステムである。また、電力系統が停電した場合、系統連系運転から独立運転に切り替わり、特定負荷などに電気を供給することができる。

燃料電池は、2006年3月に交付された消防庁告示第8号「燃料電池設備の

基準」において、消防法上の「非常電源」として位置づけられ、スプリンクラーや消火設備、排煙設備などの電源に用いることができるようになった。更に、2007年10月に(社)日本電気協会に設置された燃料電池認定委員会にて「認定基準」がまとめられ、2008年7月に弊社のPAFC発電装置が認定1号を取得した。今後、その分野での導入が期待できる。

状態	常時時	停電時	停電+都市ガス 断
	高効率で省エネ ・42%の発電効率 ・クリーン発電	停電時に重要負荷へ給電	停電かつ都市ガス断時でも 重要負荷へ給電可能
出力	100 kW	100 kW	70 kW
燃料	都市ガス	都市ガス	LP ガス (50kgタンクで3h)
運転	系統連系	独立運転	独立運転

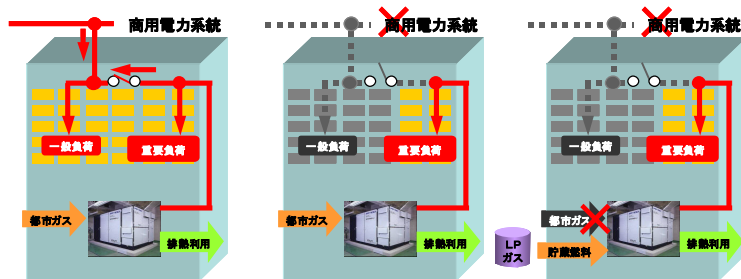


図5 災害対応施設向け利用

5. 燃料電池の開発動向と今後について

冒頭でも述べたように、地球温暖化の急激な進行に伴う二酸化炭素削減要求が国際的に厳しくなり、今後はさらなる省エネの推進と再生可能エネルギーの積極的な活用による二酸化炭素削減への期待が高まってきている。この様な背景から、欧米を中心に燃料電池をはじめとする国家的な技術開発戦略の動きも高まっている。トピック的に各国の状況を見ると、アメリカではオバマ政権が提唱しているグリーン・ニューディール政策で追い風となり燃料電池開発も活発化し、固体高分子形燃料電池（PEFC）として軍用の定置用、移動用、携帯用燃料電池、さらには携帯電話基地局などのバックアップ電源、フォークリフト等移動体用等への適用が期待されている。また固体酸化物形燃料電池（SOFC）についても、DOE プロジェクト SECA（Solid State Energy Conversion Alliance）で開発が進められ、将来的には石炭ガス化ガスを利用するシステム（IGFC）への適用が期待されている。ヨーロッパにおいても EU としての開発推進も見られ、ドイツでは移動体への適用のほか、自動車、船舶、航空機への補助電源としての適用が期待されているようである。また、アイスランドの水素プロジェクトでは船舶の補助電源に燃料電池ハイブリッドシステムを採用しているという事例も見られている。

日本政府も、世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する「cool earth50」という政策を提案している。その中で「重点的に取り組むべきエネルギー革新技術」として21の技術が選定され、定置用燃料電池はその中の技術の一つとして取り上げられている。今後は、人類の明るい未来のため、温暖化対策の切り札として、唯一耐久性、信頼性が実用化段階に達したりん酸形燃料電池をはじめとして燃料電池は様々な分野で普及拡大されていくものと確信している。

= 以上 =

本稿は、平成21年5月26日の第42回通常総会で行われた講演会の内容を、講師をお願いした氏家様から会報に寄稿していただいたものです。