

りん酸形燃料電池の新用途

Development of New Applications for Phosphoric Acid Fuel Cell

木 村 正*

Tadashi Kimura

1. はじめに

燃料電池は、環境にやさしい新エネルギー機器としてその普及が期待されている。中でもりん酸形燃料電池はその開発がほぼ完了しており、あと一息のコスト低減が達成できれば普及が本格化する段階にまで到達している。本報では、このりん酸形燃料電池に焦点をあて、普及促進にむけた技術開発方向のひとつとしての新用途の開発状況について、実例を交えながら紹介する。

2. りん酸形燃料電池の現状

りん酸形燃料電池の開発は、日本においては1980年代より本格化し、その後官民一体の、あるいは民間独自の開発体制のもと、鋭意開発が進められ現在に至っている。これらの成果として、りん酸形燃料電池は効率、環境特性等の性能面のみならず、耐久性、信頼性を格段に向上できた。例えば、現在日本では民生用（業務用）や産業用として、50kW～200kW容量のプラントを中心に100台以上が稼動中であるが、そのうちの13台が商用化を前提とした耐久性の目標である累積4万時間運転をクリアしている¹⁾。りん酸形燃料電池は、今まさに商用段階にあり、私達の最も身近な燃料電池といえる。また、燃料電池発電設備の製造コストも開発段階と比べ飛躍的な低減を果たし、条件の整った設置サイトで理想的な運用ができれば、燃料電池発電設備の製品寿命（15年）以内で十分投資回収可能になった。

しかし今後の本格的普及のためには大きく分けて2つの方向性での推進が重要であると考えている。ひとつは量産化によるさらなるコストダウンの推進であり、もうひとつは燃料電池の特長を活かした新しい付加価値

の創造とこれを用いた新用途の開拓および市場導入の推進である。次項には、後者の新用途への適用技術開発の内容と市場導入の事例を紹介する。

3. りん酸形燃料電池の新用途開発とその導入事例

3.1 未利用エネルギーの活用

燃料電池は、本来水素を燃料として用いる発電装置であるが、水素燃料の供給インフラが整っていない現状では一般に市場に流通している都市ガス（メタンガス）やプロパンガス等の炭化水素燃料を改質器で水素リッチガスに転換し発電に使用している。これらの燃料の代りに今まで利用されずに棄てられていた食品排水、下水汚泥等を浄化した際に得られるメタンガスや工業廃棄物等をエネルギー源として活用できれば、環境改善、省資源、経済性等多くの点で有効なシステムが構築できる。以下に、各未利用エネルギーの具体的な適用例を紹介する。

（1）メタン発酵ガス（バイオガス）の適用

食品排水、生ゴミ、下水汚泥等を嫌気性処理した際に発生するメタン発酵ガスは消化ガスあるいはバイオガスと呼ばれている。60～70%のメタンガスと二酸化炭素で構成されるため低位発熱量が22～25MJ/m³Nの低カロリーガスであり、種々の条件によってその発熱量が変動する。これらのバイオガスは燃焼の安定性や排ガスの性状等の点から従来ボイラーや熱機関での利用が難しかったが、化学反応で発電する燃料電池の場合、その適用が比較的容易である。

（a）食品工場への適用例

バイオガスへの燃料電池適用例として、サッポロビール（株）千葉工場への導入事例を紹介する。本プラントは「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法（新エネ法）」に基く新エネルギー利用設備の認定を受けており同法による導入助成制度の適用対象となっていると共に、1998年度の新エネ大賞において『新エネ

* (株)東芝 電力システム社燃料電池事業推進部システム技術担当 参事
〒105-8001 東京都港区芝浦 1-1-1

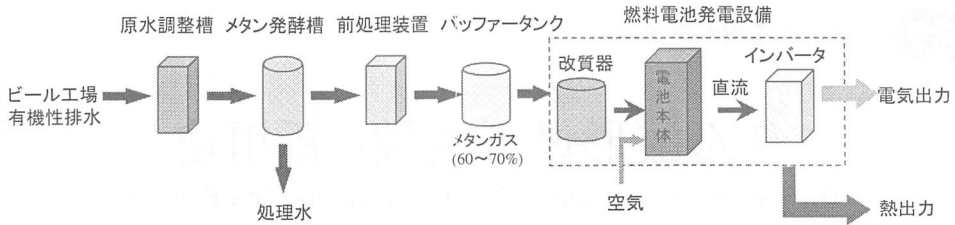


図1 バイオガス燃料電池システム構成（ビール工場への適用例）



写真1 バイオガス燃料電池発電システム設置状況
(サッポロビール株式会社 千葉工場)

ギー財団会長賞』を受賞している。

図1にシステム構成を、また写真1に設置状況を示す。ビール工場の有機性排水をメタン発酵槽にて浄化する際発生したバイオガスは、前処理装置、バッファータンクを経て燃料電池発電設備に供給される。前処理装置は燃料電池発電設備内の機器の性能維持のためにバイオガス中に含まれる不純物を除去する装置である。不純物としては硫化水素（通常千ppmオーダー）および微量の塩類、アンモニア等があげられるが、実際にはサイトあるいは廃液の種類毎に成分や含有量が異なるため、前処理装置は個々の条件に応じて最適設計を行なう必要がある。

燃料電池発電設備は、約 $80\text{m}^3\text{N}/\text{h}$ のバイオガスから 200kW の電力と $740\text{MJ}/\text{h}$ の熱を発生する。電力は工場内の系統に連系して使用され、熱は工場内の熱利用設備の熱源として利用されている。本システムの導入により、ビール 1kl の製造に要する使用電力の約6%、石油燃料の約2%を削減できたと報告されている。

なおアサヒビール(株)四国工場も同時期に 200kW 燃料電池を導入し、バイオガスにて運転を開始している。

(b) 下水処理場等への適用例

当社は、1994年から1998年にかけて横浜市下水道局との共同研究により、消化ガス（下水汚泥から得られ

るメタン発酵ガス）による燃料電池発電システムを開発した。 200kW 燃料電池発電設備を用いて $5,000$ 時間に及ぶ実証運転を行い、メタン約60%の希薄ガスでの定格発電運転と安定性、耐久性を実証した。この成果により、日本初の消化ガス燃料電池実用機が99年11月に横浜市北部汚泥処理センターに納入され、現在良好に運転を継続中である²⁾。この燃料電池システムは、(財)環境調査センターが主催する第27回環境賞（2000年度）において「優良賞」を頂いている。

また、家畜（牛、豚、鶏等）の排泄物も、メタン発酵により浄化できると共に、貴重な未利用エネルギー源となる。NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）は、国際研究協力事業（グリーンエイドプラン）の一環として「メタン発酵ガス燃料電池発電システムの実用化に関する研究協力」を1999年度から4年計画で進めている。豚の糞尿を発酵させて得られるメタンガスで燃料電池を運転し、クリーンな電力と熱エネルギーを供給するとともに、廃液は水処理設備で浄化、固形分は堆肥化して農業に活用することで環境汚染を防止するトータルシステムを中国と協力して広東省の養豚場に建設し、運転研究を行う計画である。豚約1万頭の排泄物で 200kW の発電ができる見通しである。

(2) 工業廃棄物の適用

(a) 廃メタノールの適用

半導体工場や液晶工場の製造プロセスから排出される廃メタノール等のアルコール系物質は、従来産業廃棄物として処理業者に有償で引き渡され、焼却等の手段で有効に活用されることなく処分されていたが、これを積極的に燃料電池で利用する事で環境保全に役立てようとする動きが見られる。メタノールは常温においては液体燃料であるが、気化させれば通常の燃料処理技術を用いて改質水素を得ることができる。従って、既存の燃料電池発電装置に一部機器改造を行う事でメタノール燃料に対応する事が可能となる。

廃メタノールを燃料に用いた燃料電池については、

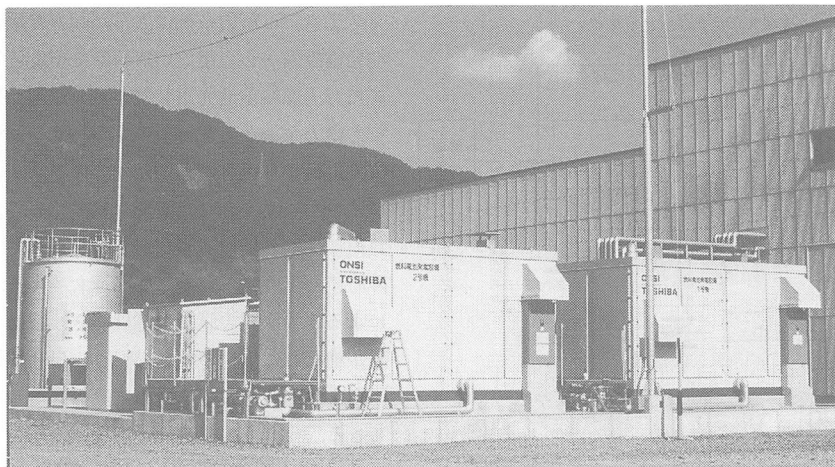


写真2 廃メタノール燃料電池の導入例（セイコーエプソン豊科事業所）

セイコーエプソン(株)豊科事業所にその導入例をみる事ができる³⁾。200kWの燃料電池2台が稼働中であり(写真2)，燃料電池から得られた電力は工場で消費される電力の一部を賄い，蒸気および温水排熱は工場の製造プロセスで使用する純水の加熱および空調に利用されている。なお，このプラントでは工業廃棄物を燃料電池の燃料として使用したリサイクル性と先進性が評価され，1999年度の新エネ大賞で『新エネルギー財団会長賞』を受賞している。

(b) 水素燃料の利用

熱分解ガス化溶融炉は，従来ゴミ焼却の過程で生成されていた人体に有害なダイオキシンを殆ど出さない事から，現在注目されているゴミ処理方法である。高温炉内でゴミの主成分である炭化水素を水素と二酸化炭素および一酸化炭素に熱分解するプロセスとなっており，ここで得られる水素を燃料電池の燃料に用いる事ができる。この熱分解ガス化溶融炉と燃料電池を組み合わせたシステムは川崎製鉄千葉製鉄所に導入され，発電運転にも成功している。

燃料電池の燃料に水素が使えるれば，燃料改質システムを省略したシンプルなシステム構成となり，コストダウンと効率の向上が期待できる。燃料電池への水素燃料供給源として，上記の他に半導体工場でのシリコンウエハー製造プロセス，電気分解やソーダ製造のプロセス等から得られる副生水素が検討されている。

3.2 重要負荷対応電源

(1) 高信頼性電源（系統連系／独立運転高速切替えシステム）

燃料電池発電設備は，インバータ制御で電池からの

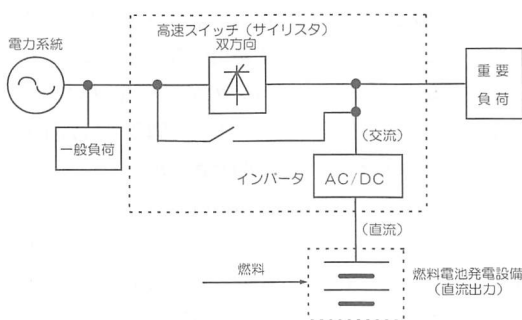


図2 高信頼性電源（連系／独立運転高速切替えシステム）

直流出力を交流に変換して出力する方式のため，系統との同期をとったり，系統連系運転から独立運転もしくは独立運転から系統連系運転への切替運転が容易かつ速やかに行なえる。本システムはこの特性を活かし，重要負荷への連続的電力供給を可能とした電源システムである。

図2に本システムの構成を示す。燃料電池発電設備からの直流出力をインバータを介して交流に変換し，一方は電力系統およびこの系統に接続されている一般負荷に，もう一方は重要負荷に電力を供給するよう接続されている。系統に何らかの異常が発生した場合は高速スイッチが開き短時間で系統連系運転から独立運転に切り替わり重要負荷への電力供給を継続できる。また万一燃料電池が停止しても無瞬断で系統から負荷へ電力をバックアップ供給することが可能である。

(2) 高品質・高信頼性電力供給システム

上記の高信頼性電源に，燃料電池発電設備のインバー

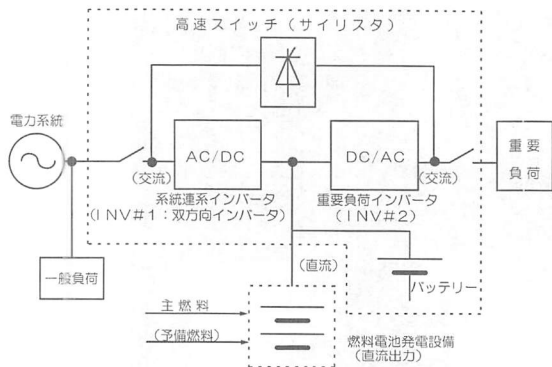


図3 高品質・高信頼性電力供給システム

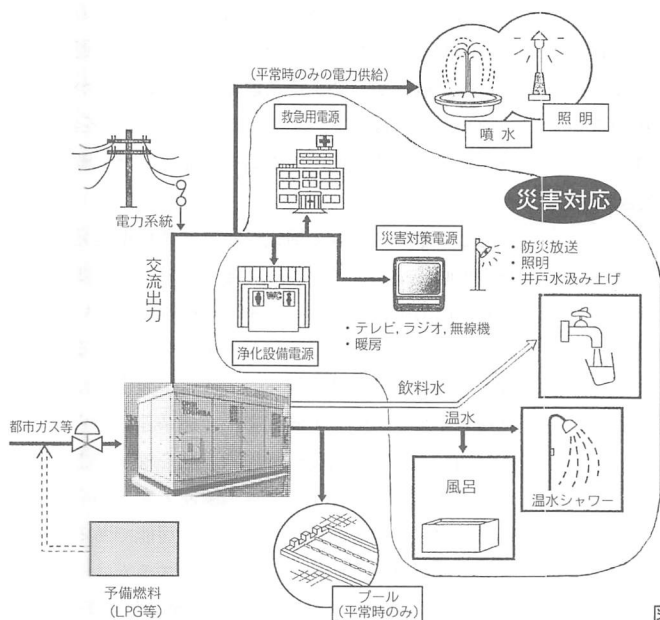
タ制御による一定電圧、一定周波数の高品質電力供給機能と無瞬断切替機能を付加したシステムである。従来、重要負荷への安定電源確保のためにはUPS（無停電電源装置）と長時間の電力供給用の非常用発電機を組合せた電源供給システムが用いられてきた。これと同等に機能し、かつランニングコストが従来のUPSに比べ有利な電源供給システムとして図3の高品質・高信頼性電力供給システムが開発された。

本システムは、燃料電池からの直流出力を2つのインバータで受け、一方は系統連系インバータ（INV #1）を経て電力系統に、もう一方は重要負荷インバータ（INV #2）を経由して重要負荷へ電力を供給するよう構成されており、従来のUPSシステムと燃料電池の良い部分を融合させたシステムといえる。この

システムでは電力系統に異常が起きた場合でも燃料電池発電設備からの電力が無瞬断で重要負荷に供給され、また万一燃料電池発電装置からの送電が停止した場合でも電力系統から2つのインバータを通じて無瞬断で電力供給がなされる。また、このシステムからは、常にインバータを介した波形の整った高品質電力を重要負荷に供給し続ける事ができる。さらにインバータ故障時のバックアップとして高速スイッチ（サイリスタ）による電力系統の直接受電機能や、都市ガス等の主燃料が絶たれた場合の予備燃料への自動切替機能の併用により電源信頼性を極めて高いレベルとすることができる。

高品質・高信頼性電力供給システムのもう1つのメリットとして経済的な電力利用が挙げられる。従来のUPSシステムは、商用電力を一旦直流に変換し、さらにこれを高品質の交流に変換しているが、電力の変換時にロスが生じていた。これに対し燃料電池は直流で高効率の発電が可能であるので、商用電力利用の場合と比べ大幅に安値な高品質電力が得られる。また、前述（1）項の高信頼性電源の場合と同様、重要負荷で消費されなかった余剰電力を一般負荷で消費する事で、燃料電池は常時定格出力で運転を継続でき、インシヤルコストの回収にとって有利な運用が可能となる。

以上（1）、（2）に代表される各種重要負荷対応電源は、東京ガス、大阪ガス、東邦ガスと東芝が共同でシステム開発しており、すでに大阪工業技術研究所、



〔導入メリット〕

- 常用／災害用の共通運用による電源・熱源確保
 - ・系統停電時には、独立運転に自動切替
 - ・常用燃料（都市ガス）遮断時には、予備燃料に切替
- 災害発生時の飲料水供給

〔導入対象〕

- 防災拠点（公園、災害対策棟、サービスエリア等）
- 病院
- 学校

図4 ライフスポット（防災拠点）への適用例

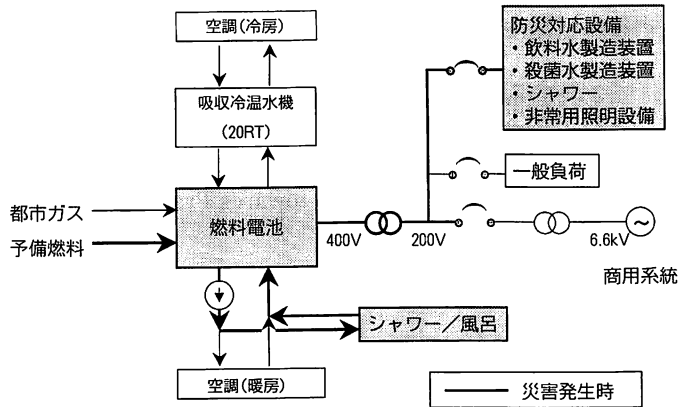


図5 災害対応型燃料電池システムの代表例（栗田工業設置）

東京都科学技術大学および東邦ガス本社ビルの3ヶ所で順調に運転中である。高品質・高信頼性電源としての燃料電池システムは、最近の情報技術（IT）の普及に伴い、研究所や大学のみならず、オフィスや病院等の民間施設への導入も期待されている。

3.3 ライフスポット（防災拠点）への適用

大地震等の災害発生時には電力供給の停止、さらには都市ガス燃料の供給停止が予想されるが、前述のように燃料電池発電設備はインバータ制御のため系統連系運転から独立運転への切替えが容易かつ速やかに行え、停電時のバックアップに適する。また、都市ガスの供給が停止した場合は、燃料電池の多燃料への適用性を活かし、バックアップ燃料への切替えが可能である。

図4にライフスポットへ燃料電池を適用した場合の基本的な形態を示す。平常時は電力系統に連系し、防災拠点（公園、病院等）の常用負荷に電力を供給しているが、災害発生時には系統と切離され病院の救急用電源や避難場所の非常用電源として使用する。また排熱は風呂やシャワー等の衛生設備の熱源として活用できる。また、燃料電池からは水素と酸素の反応により生成した水が純水の形で取出せるので、飲料水として利用する事ができる。また、都市ガスの供給が停止した時の備えとして予備燃料（LPG、CNG等）を備蓄しておけば、都市ガス供給圧力低下を検知して自動的に切替わり、連続的に発電運転を継続する事が可能である。

ライフスポット利用の先駆けとして、災害発生時の地域住民への貢献を目指した災害対応型燃料電池システムが「新エネ法」による認定を受け、栗田工業(株)技術開発センター（神奈川県 厚木市）に設置され、2000年2月より運転を開始している⁴⁾。図5に本シ

テムの構成を示す。この設備における災害対応のポイントは、燃料電池の電気と熱を利用した飲料水の確保と衛生的環境の確保であり、飲料水製造設備と入浴設備がその中核をなしている。本設備により、1日に5,000人分の飲料水（3リットル/人日）の製造、3リットル/分の殺菌水の製造および10セットのシャワーの利用を可能としている。なお、本設備の設置に伴い、栗田工業(株)は厚木市と防災協定を締結しており、災害発生時にはバック詰めした飲料水を厚木市に供給する事が決まっている。

4. おわりに

本報では、りん酸形燃料電池の新規市場に向けた適用技術の開発状況を紹介した。燃料電池はそれ自体でも環境性に優れた発電設備であるが、独自の特性を活かした新用途の開発は、さらなる環境市場への広がりを見せ、公共性やエネルギーコストの削減等と共に地球環境保全へとつながっていくものである。燃料電池技術は21世紀のエネルギー技術、環境技術を考えるうえで、その一端を担うべき技術であると自負している。今後とも、各界、各分野の皆様にご指導頂きながら燃料電池の貢献できる分野を開拓していきたい。

文献

- 1) 池田勇公ほか；リン酸型燃料電池の普及促進に向けた取り組み，第7回燃料電池シンポジウム講演予稿集，(2000)，1-4
- 2) 篠崎功，草間伸行，小川雅弘；汚泥消化ガス燃料電池発電システム，東芝レビュー，Vol.55 No.6 (2000)，15-19
- 3) 竹村雅志ほか；廃メタノールを燃料とした燃料電池プラントの開発，第7回燃料電池シンポジウム講演予稿集，(2000)，31-34
- 4) 大津徹ほか；災害対応型燃料電池発電設備，第7回燃料電池シンポジウム講演予稿集，(2000)，35-39