

新規ニーズに対応した燃料電池

Development of Fuel Cells Adapted to Meet New Needs

腰 一昭 KOSHI Kazuaki

黒田 健一 KURODA Kenichi

堀内 義実 HORIUCHI Yoshimi

東日本大震災以降、高効率な分散型電源である 100 kW 燃料電池の導入による電源セキュリティの向上や、再生可能エネルギーである下水消化ガス発電への燃料電池の適用が広く検討されてきている。

富士電機は、停電時の自立運転への切替え技術や LP ガスへの燃料の切替え技術などを適用して、電源セキュリティを向上した燃料電池を開発し、川崎工場に設置した。また、小規模下水処理場向けの下水消化ガスと都市ガスが併用可能な機種や、EU 向けの CE マーク適合機種など、新規ニーズに対応した燃料電池を開発している。

Since the Great East Japan Earthquake, there has been broad investigation into the improvement of the quality of power-source security through introduction of 100 kW fuel cells, which are a highly efficient form of distributable power, and into the use of fuel cells for sewage digester gas power generation, which is a form of renewable energy.

Utilizing technology for switching to independent power during power outages and technology for converting to LP gas, Fuji Electric has developed fuel cells with improved power security and installed them in the Kawasaki Factory. Fuji Electric is also developing fuel cells adapted to meet new needs, such as fuel cells that can operate on both sewage digester gas and utility gas for small-scale sewage treatment plants and fuel cells that meets CE marking requirements for the EU.

1 まえがき

2011 年 3 月の東日本大震災以降、電源セキュリティの向上や分散型電源に対する期待が高まっている。また、2012 年 7 月に始まった「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」により、バイオマス発電の導入が広く検討されるようになってきた。

富士電機では、1998 年に 100 kW 燃料電池の販売を開始し、さまざまなサイトで運転を行ってきた。都市ガスを燃料としたものが多いが、バイオガスである下水消化ガスを燃料とした機種を 2 か所のサイトに合計 6 台納入している。2010 年から最新機種である「FP-100i」を市場に投入

し、さらに、新たな用途として燃料電池の排空気（低酸素空気）を利用した機種を開発し、ドイツに出荷した。

本稿では、新規ニーズに対応した燃料電池として、電源セキュリティ対応機種、小規模下水処理場向け機種および欧州の CE マーク適合機種の開発状況について述べる。

2 電源セキュリティ対応燃料電池

図 1 に、電源セキュリティ対応燃料電池の機能概要を示す。システム事故や災害などにより停電が発生した場合の非常用発電機として、これまで短時間で起動できるディーゼル発電機が主に利用されてきたが、安価な反面、騒音、排ガ

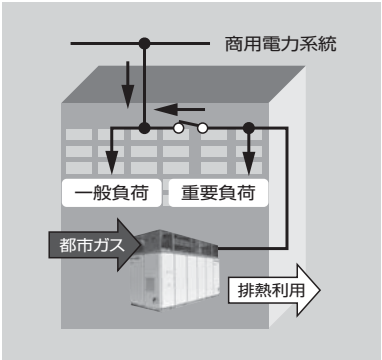
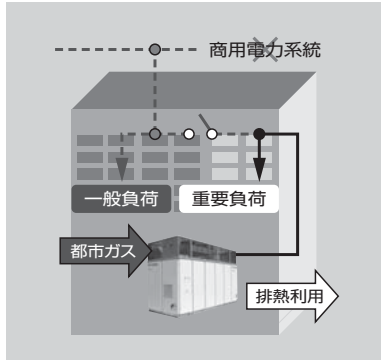
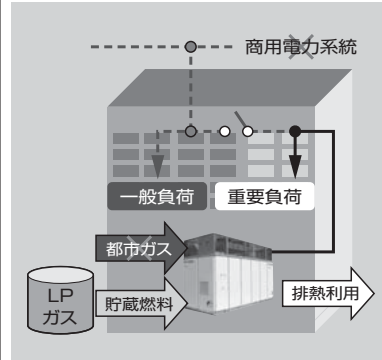
状態区分	通常時	停電時	停電+都市ガス遮断時
概要	高効率、省エネルギーのクリーン発電 発電端（発電電力量）42%	待機状態を経て重要負荷へ給電	待機状態を経て重要負荷へ給電
出力	100 kW	100 kVA	70 kVA
燃料	都市ガス	都市ガス	LPガス (50 kgボンベで3時間)
運転	系統連系運転	自立運転	自立運転
電力供給範囲			

図 1 電源セキュリティ対応燃料電池の機能概要

スの問題、設備稼働率が低いなど欠点もあった。富士電機の100kW燃料電池は、通常はクリーンかつ高効率な地球にやさしいコージェネレーション装置として常用運転を行い、電力系統が停電した場合は、自立運転に切り替わり、重要負荷などに電気を供給することができる。これにより、ディーゼル発電機などの非常用電源からは非常用負荷に、燃料電池からはその他の重要負荷に給電することで、非常時の電源供給の余力を増すことができる。また、都市ガスの供給が停止しても、備蓄LPガスに切り替えて継続して運転することができる。

(1) 系統連系運転から自立運転への切替え

図2に自立運転の切替えの例を示す。系統連系運転状態で停電が発生した場合には、自動的に商用系統から解列し、いったん待機運転モードに移行する。このとき燃料電池は単独で発電を継続し、発電した電力は燃料電池内で消費するので、停電を検知してから約30秒で自立運転を開始することができる。自立運転において過電流・過負荷保護機能とリミッタ機能により、突入電流が発生する回転機類を連続して投入することができる。また、自立運転時に接続負荷が増減してもプロセスの状態を一定に保ったままで、燃



図3 富士電機川崎工場に設置した燃料電池

料電池内の電気ヒータと独立負荷とをステップ状に切り替えることで燃料電池を安定に制御するシステムとしている。

(2) 都市ガスからLPガスへの切替え

都市ガスからLPガスへの切替えは、都市ガスの元圧低下信号を検知すると、都市ガス遮断弁の閉動作およびLPガス遮断弁の開動作により行う。

単位体積当たりのLPガスの発熱量は、都市ガスの発熱量の約2倍であるため、水素を発生する改質条件が異なる。また、発電装置に内蔵したプロセス機器内のガス置換が必要であること、LPガス流量計の立上りに時間遅れが生じることなど、運転中の燃料種別の切替えにはいくつかの難しい要素がある。そこで、シミュレーションから得られた適正なガス流量を維持するためのバルブ動作を組み込むなど、制御を工夫することで待機状態を経由して燃料種別を切り替えられるようにした。なお、LPガスによる運転では、出力は70kVAに制限されるが、50kgボンベで約3時間の給電が可能である。

(3) 工場への設置事例

電源セキュリティ対応燃料電池を富士電機川崎工場に設置し、2012年2月から運転している(図3)。通常時は都市ガスによるコージェネレーションとして、停電時には工場内の重要設備へ給電できるようになっている。排熱は冷暖房とボイラへの給水予熱に利用している。

③ 小規模下水処理場向け燃料電池

下水処理場は、公共水域の水質保全のため、各家庭から出た生活排水などを集め、水の汚れを浄化して川や海に返す施設である。汚水をきれいにする際に取り除いた汚れは下水汚泥と呼ばれる。この下水汚泥を減量化・安定化するため、酸素がない状態で有機物を分解する嫌気性消化処理を行うと、メタンガスを主成分とする下水消化ガスが発生する。

現在、下水汚泥の嫌気性消化処理は国内の下水処理場のうち、約260施設で行われている。総発生量が約2.6億m³/年になる下水消化ガスは、その大部分が汚泥消化槽(消化タンク)の加温や汚泥燃焼の補助燃料に利用されて

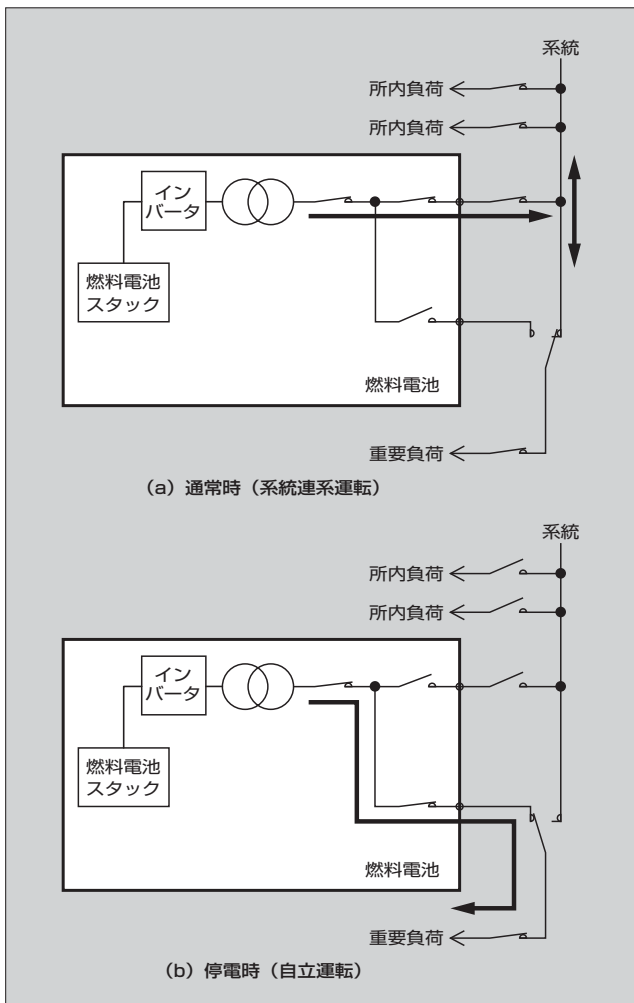


図2 停電時の切替え例

〈注〉 解列：電力系統から発電設備などを切り離すこと

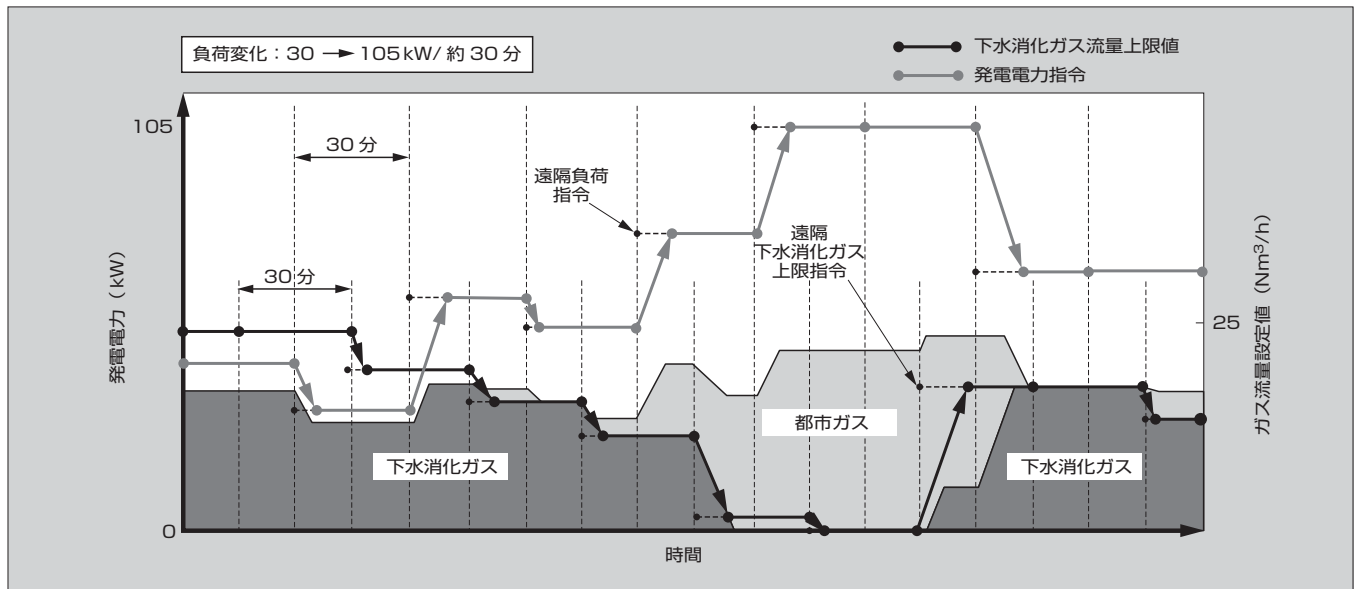


図4 ガス混合運転の概要

いるだけで、消化ガス発電を行っている施設は少数である。しかし、東日本大震災以降、震災時の電源確保や、2012年の再生可能エネルギーの固定価格買取制度の開始により、下水消化ガス発電への期待は大きくなっている。

下水消化ガスの成分は、メタン60%、CO₂40%であり、100kW燃料電池の定格運転には1日1,200m³程度の下水消化ガスの発生が必要である。下水消化ガスを発生させている下水処理場の約半分は、上記の必要発生量以下の小規模なところである。そのような下水処理場でも100kW燃料電池が導入できるように、下水消化ガスの発生量が少なくても都市ガスを併用して発電できる装置を開発した。

下水消化ガスをベースに発電を行い、必要電力量に対して下水消化ガスの量が足りないときに都市ガスを加えることで発電電力量を確保する。図4に、ガス混合運転の概要を示す。

本装置は、国土交通省の「下水道革新的技術実証事業」(B-DASHプロジェクト)の発電装置として大阪市の下水処理場に2012年2月に設置し、2012年4月に実証試験を開始している。B-DASHプロジェクトの超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステムに関する実証事業では、“超高効率固液分離”“高効率高温消化”“スマート発電システム”の三つの革新的技術を組み合わせてシステムとして機能させることで、エネルギー自給型下水処理場を目指している。燃料電池は、この中のスマート発電システムの中で下水消化ガスと都市ガスが併用できるハイブリッド型発電機として利用されている。

4 CEマーク適合燃料電池

4.1 各国のコージェネレーションの普及率

図5に、各国のコージェネレーションの普及率を示す。EUおよび米国のコージェネレーション普及率は、日本を上回っている。EUでは、エネルギーの安全保障と気候変

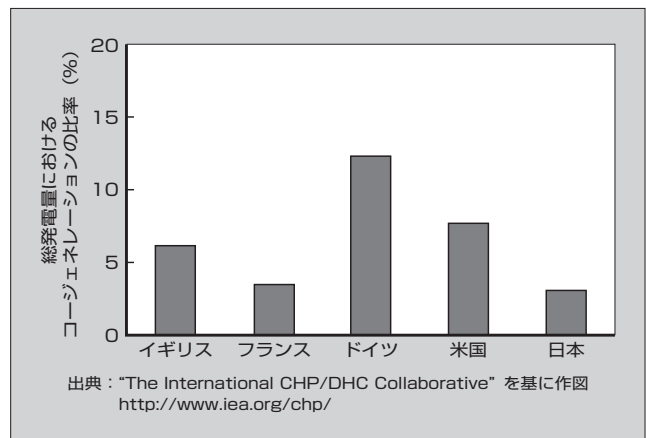


図5 コージェネレーションの普及率(2005年)

動問題の観点から天然ガスの利用拡大を図りつつある。特に、天然ガスコージェネレーションは、省エネルギーに即効性のある数少ない技術の一つとして充実した普及支援策が打ち出されている。普及支援策として、イニシャルコストの支援(コージェネレーションや熱インフラへの補助金、助成、税制優遇)およびランニングコストの支援(電力買取、燃料費への税制優遇)がある。

4.2 ドイツ市場と低酸素濃度空気供給

富士電機は、ドイツN2telligence社をパートナーとして、ドイツ市場への参入を進めてきた。ドイツ市場の特徴として次の二つが挙げられる。

(1) ドイツ政府による手厚い普及支援策

ドイツは原子力発電を廃止する方針だが、従来の石炭火力は更新に迫られており、これを補完することは難しい。このため、再生可能エネルギーとその出力変動をバックアップする天然ガスコージェネレーションへの期待が高い。ドイツ政府は2009年にCHP(Combined Heat and Power)法を改正し、2020年までにコージェネレーショ

ンの比率を 25% に引き上げる目標を設定している。水素インフラの普及も進めており、水素燃料電池への期待も大きい。

(2) 低酸素雰囲気による火災予防システムの普及

ドイツではデータセンターや倉庫などで、室内を低酸素雰囲気にして出火そのものを起こさせない火災予防システムが普及している。一般に窒素発生装置により空気から窒素を分離して室内に供給しているため、そのための設備投資が必要だけでなく、コンプレッサなどの高いエネルギー消費も課題となっている。

燃料電池は、燃料と空気を燃焼させて発電するガスエンジンとは異なり、電解質により隔てられた燃料と空気中の酸素の電気化学反応で発電する。燃料電池に供給された空気は、空気中の酸素だけが選択的に消費されるため、排出される空気は有害な燃焼排ガスを含まない低酸素濃度空気となる。この低酸素濃度空気を室内に供給し、低酸素雰囲気とすることで、窒素発生装置のインシャルコストとランニングコストを削減することができる。ドイツ N2telligence 社は、燃料電池からの低酸素空気を利用した火災予防システムを開発し、電気と温水、冷水、低酸素空気の四つの付加価値が提供できる Quattro Generation として販売している。

富士電機は、この Quattro Generation に対応するため、2010 年には N2telligence 社の試験場（ヴィスマール）で実証運転を開始した。2011 年に CE マークに適合した EU 向け機種を開発し、2012 年 7 月に Mercedes-Benz 社（ハンブルク）に 1 号機を納入した。図 6 にヴィスマールでの設置状況を、図 7 にハンブルクでの設置状況を示す。

4.3 CE マーク適合

欧州域内で製品を販売する場合、CE マークの貼付が義務付けられている。CE マークの貼付は、EU による統一法規の枠組みの中で設けられた制度で、EU 域内での自由な製品の流通を目的としている。逆に、CE マークが貼付されていない製品は、通関段階で拒否され輸出できないことになる。CE マークを製品に貼付するためには、対象となる EC 指令への適合性評価を実施し、製造メーカー自らの責任に基づいて指令適合宣言を行う必要がある。EC 指令への適合性の判定には、EN 規格が用いられる。

燃料電池は、一般的な電気製品と異なり小さな化学プラントの側面もあり、適用対象となる EC 指令や整合規格も電気や機械など多岐にわたる。先例がなかったため、公認機関の協力を得て、対象となる EC 指令と EN 規格の調査を行った。その結果、EC 指令として、機械指令、電磁両立性指令、圧力装置指令および爆発可能性雰囲気中で使用する機器の安全指令を対象とした。

日本向け燃料電池は、「電気事業法」、発電用火力設備の技術基準、電気設備の技術基準、JIS などを基に設計されている。EU 向けでは、日本の国内規格に準拠しつつ、さらに国際規格との相違点を追加で対応できるように設計を見直した。CE マークでは、ハザード解析によるリスク評



図 6 ヴィスマールに設置した燃料電池



図 7 ハンブルクに設置した燃料電池

価が非常に重要である。最も影響の大きい事象として可燃性ガス漏洩（ろうえい）を取り上げ、国際規格に準拠するため一部設計を変更した。また、ユーザによるメンテナンス作業のリスク評価も行い、感電やけがなどの発生を回避する対策を強化した。こうした対策により、2011 年 3 月に公認機関のチェックを経て、CE マーク適合の自己宣言書を発行した。

EU 向け 1 号機は、国内向けの燃料電池を基に設計し直したため、機器点数が増加する結果となった。現在、EU 向け専用機の設計を進めており、2013 年度に販売を開始する予定である。

5 あとがき

東日本大震災のときにも、運転中であった 100 kW 燃料電池は、停止することなく運転を継続した。このように災害時などにも自立運転モードを持ち、都市ガスと LP ガスとの燃料切替機能（オプション）を持つ 100 kW 燃料電池は、高効率の分散型電源として今後の普及が期待されている。

長年培った技術と燃料電池の特長を生かして、適用用途の拡大とユーザメリットの向上を推進し、地球温暖化防止および環境保護に貢献するために努力していく所存である。



腰 一昭

発電機および新エネルギーのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社発電・社会インフラ事業本部発電プラント事業部新エネルギー技術部長。電気学会会員。



堀内 義実

燃料電池および新エネルギーのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社発電・社会インフラ事業本部発電プラント事業部新エネルギー技術部。電気学会会員。



黒田 健一

燃料電池発電装置の製品開発，プラントエンジニアリングに従事。現在，富士電機株式会社発電・社会インフラ事業本部発電プラント事業部新エネルギー技術部主査。電気化学会会員。





*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。