

創エネルギーの現状と展望

Present Status and Future Outlook of Energy-Creating Technologies

米山 直人 Naoto Yoneyama

大澤 悟 Satoru Ohsawa

吉岡 浩 Hideki Yoshioka

富士電機は、“エネルギーと環境”をキーワードに新しい事業経営を進めている。グリーンエネルギー創出のため、次の取り組みをしている。地熱発電では、タービンの耐食性向上技術の開発やバイナリー発電に注力している。原子力分野では、発電や水素製造などにも利用できる次世代の高温ガス炉の研究開発を行っている。太陽電池では、設置場所の可能性を拡大する軽量で曲がるフィルム型の普及に向け本格的な量産を開始した。100 kW リン酸形燃料電池「FP-100i」を商品化し、防災向けや消化ガス利用、水素ステーション向けなど、用途の拡大を図っている。

Fuji Electric is promoting a new type of business management based on the keywords of “energy and the environment” and has adopted the following approaches to the creation of green energy. For geothermal power generation, Fuji is focused on developing technology for improving the corrosion resistance of turbines and on binary power generation. In the nuclear power field, Fuji is researching and developing a next-generation high-temperature gas cooled reactor that can be used for power generation, hydrogen production and the like. For solar cells, Fuji has begun full-scale mass-production aiming to popularize lightweight, flexible, film-type cells capable of being installed at a wider range of sites. Fuji has also commercialized a 100 kW phosphoric acid fuel cell named the FP-100i, and is expanding its range of applications to include disaster prevention, digestion gas use, hydrogen stations, etc.

1 まえがき

世界のエネルギー需要は、特に新興国の経済発展と人口の増加に伴って今後も大幅に増加するものと見込まれている。その中でも電力需要の伸びは大きく、世界エネルギー機構（IEA）の2009年度レポート（World Energy Outlook 2009）では、2030年まで年率2.5%で増加するものと予想され、追加発電容量は48億kW以上必要であるとされている⁽¹⁾。

一方で、気候変動を抑制し持続可能な社会を実現するために“温室効果ガスの排出低減”が最重要課題テーマとなっている。このまま化石燃料の消費が増加すると大気中の温室効果ガス濃度はCO₂換算で1,000 ppmを超えることは避けられず、地球の平均気温は6℃上昇し大規模な気候変動が生じるといわれている。IEAレポートでは、持続可能な地球環境を維持するためには地球の気温上昇を2℃以内にする必要があり、地球の平均気温の上昇が2℃を超える可能性を50%に抑えるには大気中の温室効果ガス濃度をCO₂換算で約450 ppmに安定させる必要があるとしている。温室効果ガスの排出低減は、緊急課題として国連気候変動コペンハーゲン会議（COP15）での世界的な枠組作りや各国政府の政策的な取り組みが活発に進められている。各国の政策には現実化している気候変動の深刻な脅威に対処するため、経済刺激政策に低炭素化の促進が盛り込まれ、その具体策が推進されている。

低炭素社会を実現するには、エネルギーの消費量を抑えて省エネルギー（省エネ）社会を構築することが必要である。電気エネルギーを作り出す創エネルギー分野では、化石燃料を使用する火力発電の高効率化やCO₂を排出しない原子力発電の推進が行われている。さらに、再生可能エネルギーを利用する地熱や水力、太陽光、風力、太陽熱発

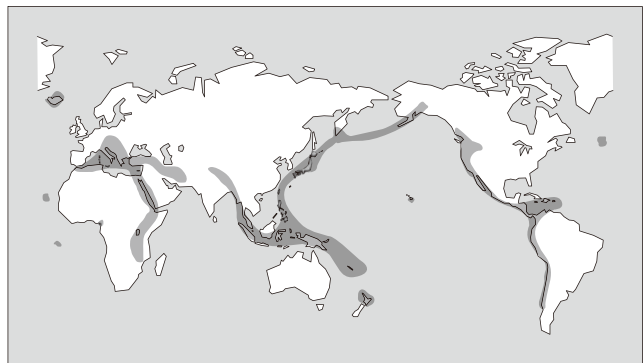
電などを積極的に導入することが求められている。

富士電機は、“エネルギーと環境”をキーワードに新しい事業経営を進めている。エネルギーソリューション分野ではグリーンエネルギーの創出とグリッドソリューションに注力し、環境ソリューション分野では需要側の省エネと環境対策に向けたソリューションを提供している。本特集では、低炭素社会を構築するための創エネルギーの代表的な取り組みと展望を紹介する。

2 地熱発電

地熱資源は、地球のプレートとプレートがぶつかり合い火山が多い地域に存在する。地域的には太平洋を囲む環太平洋地域、アフリカ北東部、欧州では地中海域やアイスランドなどである。これまで地熱発電は、米国やメキシコ、欧州ではイタリアやアイスランド、アジア地域ではインドネシアやフィリピン、オセアニア地域ではニュージーランドなどで積極的に開発されてきた（図1）。これらの地域では、再生可能なエネルギーとしてさらに開発が拡大する

図1 地熱発電有望地域



動きになっている。また、地熱発電の開発が遅れているアフリカ東海岸や中南米の国々でも地熱発電開発計画が進められることになっている。日本の地熱資源量は世界第三位といわれているが、「自然公園法」による制約などで開発が停滞し、現在までに開発された発電容量は約 500 MW にとどまっている。今後、政府の開発支援策の導入により新規開発の促進が期待されている。

富士電機は 1960 年に地熱発電設備を納入して以来、継続的に地熱発電に注力し、地熱タービンの高効率化や地熱タービンに特有な腐食対策などの研究開発を行ってきた。特に地熱蒸気には、タービンを腐食させる物質やタービン翼にスケールが付着し性能を低下させるなど多くの問題がある。腐食や摩耗に強いタービン素材やコーティング技術などの研究開発を行い、成果を出している。また、地熱ガス雰囲気中に設置する発電機や電気制御機器の防食技術を確立し、高性能で高信頼性の地熱発電設備を製作、納入してきた。最近ではタービン発電設備だけではなく、地熱井で生産される蒸気や熱水をタービンの運転に最適な蒸気に生成する蒸気発生設備やその付帯設備の設計・製作も行い、地熱発電所全体のエンジニアリングをターンキーで行うことにも取り組んでいる。

今までは、地熱蒸気をそのままタービンに送り発電する大型のフラッシュ発電に取り組んできた。これに加え、これまで発電に利用できなかった低温の地熱資源も有効に活用できるバイナリー発電の開発を行った。地熱バイナリー発電は、水に比べて沸点が低いペンタンなどの媒体を地熱蒸気の熱で蒸発させタービンを駆動するものである。バイナリー発電装置は地熱資源の温度が低く、また蒸気量が少ない地点でも使用することができる中小型地熱発電装置であり、今まで利用されなかった遊休エネルギーの有効活用が期待できる設備である。

新しい地熱発電方式として高温岩体発電（EGS）も注目されている。現在の地熱発電は、地下が高温で、そこにある自然の貯留層から地熱蒸気や熱水を資源として取り出すものである。高温岩体発電は地下に存在する高温の岩体を人工的に水圧破碎し、そこに水を送り込んで蒸気や熱水を

得る方法である。高温岩体発電は、米国、オーストラリア、ドイツなどで研究が進められており、今後地熱利用を拡大するものとして期待されている。

地熱発電は天候などに左右されず安定的に発電でき、稼働率も高い再生可能エネルギーであり、今後地熱資源の開発はより活発になると予想される（図 2）。

③ 原子力発電（高温ガス炉）

原子力発電も CO₂ を排出しないエネルギーとして、世界的に開発が進められようとしている。特に米国では電力の安定供給と温暖化防止策として原子力の導入が計画されている。最近では中東やアジア地域でも導入が積極的に進められようとしている。現在計画されている原子力発電は軽水炉が主であるが、原子力エネルギーの用途拡大や分散化電源として利用できる高温ガス炉が次世代の原子炉として期待されている。

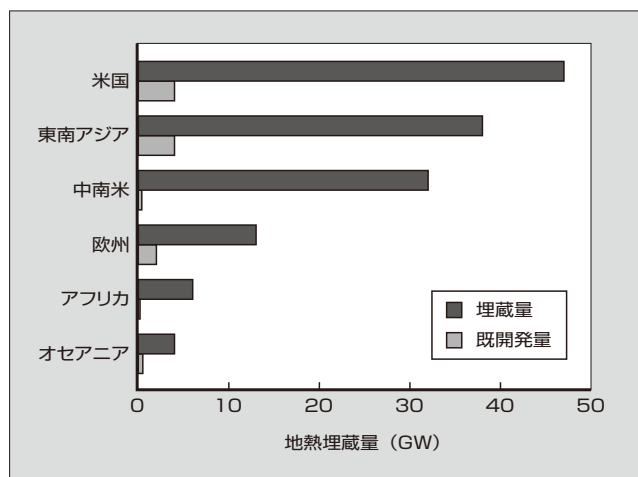
高温ガス炉は、700 ～ 950℃ という高温の熱が利用できるため、発電プラントとしても 50% 近い効率の直接ガスタービン発電が可能である。さらに、熱化学法により水から直接水素を製造することや、あるいは高温蒸気による化学プラントのプロセス用熱源として利用することも可能な原子炉である。高温ガス炉は、これまでの発電利用に限られていた原子力の利用範囲を大幅に拡大して一次エネルギーとしての化石燃料を代替し、CO₂ の排出量を大幅に削減できる可能性を持っている。このため、国内外で活発に開発が進められようとしている。各国の開発の主流となっているのは、高温ガス炉固有の安全性が活用できる出力規模を限定した小型高温ガス炉である。この炉は、原子炉の熱出力を最大でも 60 万 kWt（電気出力 30 万 kWe）程度に制限することにより、万一の事故時にも原子炉が自然に止まり、自然に冷え、周辺公衆の避難を必要とするような大量の放射性物質放出の恐れがないという特性を持っている。そのため、電力の需要地域に近接して建設することや、分散型電源として建設することも可能である。

富士電機はわが国初の高温ガス炉として、独立行政法人日本原子力研究開発機構（原子力機構）で運転中の高温工学試験研究炉（HTTR）における計画の当初から、開発・設計の協力を行ってきた。実機建設時には炉心設計、安全解析を行い、また炉内構造物、燃料取扱貯蔵設備、放射線管理設備などの主要設備の設計・製作・建設を担当してきた。この経験によって蓄積した技術基盤を基にして、原子炉出口温度 950℃、熱出力 60 万 kWt を目標とした実用規模高温ガス炉の実現に向けて研究開発を進めている。

米国でもエネルギー省が高温ガス炉プロジェクトを立ち上げ、その実現のための研究、開発計画が具体的に始まっている。富士電機も高温ガス炉の概念設計チームの一員として参加することになっている。

地球温暖化防止や来るべき水素社会に向けた長期的な取り組みの一環として、今後も国内外の関係諸機関との連携により、高温ガス炉の実用化に向けた活動を進めていく。

図 2 地熱資源埋蔵量⁽²⁾



4 アモルファス太陽電池

太陽電池をめぐる状況は、この10年で大きく変ぼうした。全世界での生産量は20倍以上となった。日本メーカー中心から日米欧さらには中国・東南アジア諸国など多くのメーカーが市場参入し、結晶シリコン系以外にも薄膜系など新しい太陽電池の生産量も多くなってきている。

各国の普及政策に目を向けると、欧州ではドイツを中心にフィードインタリフ制度（FIT）の導入により急速に普及が進んでいる。これまで停滞していた米国でも、2009年の政権交代を受け太陽電池産業が動き始めようとしている。

国内ではこれまで住宅用を中心に導入普及が進められてきた。これに加えて公共・産業用にも支援が拡大されるとともに、2009年11月からは「太陽光発電の新たな買取制度」がスタートし、余剰電力を対象にこれまでより高い価格での買取が始まった。また、政権交代を受け、民主党政権のマニフェストに挙げられている「再生可能エネルギーの全量買取制度」についても議論が進められており、さらなる導入拡大のための具体的施策が検討されている。

富士電機では1978年に太陽電池の開発に着手した。当初はガラスを基板に用いたa-Si/a-Si タンデム太陽電池を開発していた。1993年からはより安価なプラスチックフィルムを用いた薄膜太陽電池（a-Si/a-SiGe）の開発に移行し、これらの技術開発成果を基に2006年11月に熊本県に太陽電池専用工場を完成させ本格量産を行っている。

富士電機の太陽電池（図3、図4）は、プラスチックフィルムを基板に用いているため、これまでの太陽電池にはない“軽量”で“曲がる”特徴がある。耐荷重の点で建屋の補強なしでは設置が困難であった体育館や工場などの大型屋根やビル壁面などのような新しい分野への適用も始まっている。また、表面にガラスを用いていないため割れる心配がなく、高い安全性が要求される高速道路の防音壁面などへの適用も検討されている。さらに、モジュール表面はエンボスのついた樹脂で覆われているため、ガラスと比較して光の反射が少なく、運用時の安全性から防眩（ぼ

うげん）が要求される空港施設などへの設置も検討されている。今後事業をさらに拡大させるためには、モジュールの出力向上および顧客ニーズに応える製品開発が必要であり、これらを成し遂げて地球環境保護にも貢献していく所存である。

5 燃料電池

2009年に販売を開始した100kW燃料電池発電装置「FP-100i」は、同年に“日経優秀製品・サービス賞 優秀賞”を受賞した。従来の都市ガスや下水消化ガスを燃料としたコージェネレーション装置としての用途に加え、災害対応や副生ガスへの対応、水素供給対応などの機能を付加することで市場拡大を目指している。燃料電池は発電装置内に改質装置を備えているため、都市ガスや消化ガスなどさまざまな燃料に対応が可能である。LPガスを備蓄していれば、常時は都市ガスで運転し、災害などで電気や都市ガスが遮断された場合でも、燃料をLPガスに切り替えて運転が継続できる。

食塩電解工場などで副生される純水素を燃料にすると発電効率率は48%と高効率発電が可能となり、CO₂削減効果も年間約760tが見込まれる。純水素対応の100kW燃料電池は、2010年度からの実証試験で運転を開始する予定である。水素供給機能を持った燃料電池は、今後の水素エネルギー時代の先駆けとして、小規模な水素ステーション向けの用途に適している。消化ガスを燃料にすれば、CO₂を発生させない、いわゆるグリーン水素を安定的に製造できる。また、下水処理場から発生する消化ガスを燃料とする消化ガス発電では、2002年からの運転実績がある。カーボンニュートラルな発電ということで100kWの燃料電池で年間約800tのCO₂削減効果が見込まれる。これはグリーン電力証書として認定されるため、経済的にも短期間での設備投資費用の回収が可能となる。

富士電機は、FP-100iの年産20台規模の工場体制を2009年4月に整備し、前述の用途開発による普及拡大を図ることでCO₂削減に貢献していく所存である。

図3 さいたまスーパーアリーナ



図4 熊本県立技術短期大学校アカデミックプラザ



⑥ あとがき

富士電機では低炭素社会の実現のため、前述のほかにも創エネルギーへのさまざまな取組みを行っている。

火力発電分野ではタービンおよび発電機の高効率化の研究開発を推進している。ガスコンバインド発電分野ではシーメンス社との連携で高効率、高性能なガスコンバインドサイクル発電設備に取り組んでいる。

水力発電分野ではフォイトハイドロ社との連携で高効率な水力発電設備の研究開発も進めており、グローバルな体制で創エネルギーソリューションを提供していく。

風力発電も CO₂ を排出しない自然エネルギーとして導入が世界的に進められている。今後は陸上設置の風力発電だけではなく、洋上風力発電も積極的に進められる計画であり、単機容量がより大型化（3MW 以上）する。富士電機は今までに培ってきた豊富なパワーエレクトロニクス技術をベースに、この大型化に適応した高性能なパワーコンディショナや永久磁石発電機の開発を進めている。風力発電の分野でも特に重要なコンポーネントを中心に取り組んでいく。

また、自然エネルギーの大量導入により電力システムの安定化対策など新しい課題が出てきているが、富士電機は既に風力発電所に電力安定化装置を導入し、電力システムの安定化に成果を出している。さらに、今後期待されるスマートグリッド技術とともにグリッドソリューションにも取り組んでいく。

これらのエネルギーソリューションの提供によって、低炭素社会の実現に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) International Energy Agency, World Energy Outlook 2009.
- (2) Global Geothermal Markets and Strategies, Emerging Energy Research.



米山 直人

富士電機システムズ株式会社取締役執行役員、エネルギーソリューション本部長。電気学会会員。



大澤 悟

太陽電池の販売および太陽光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エネルギーソリューション本部グリッドソリューション事業部太陽光システム統括部長。



吉岡 浩

燃料電池の研究・開発に従事。現在、富士電機システムズ株式会社エネルギーソリューション本部グリッドソリューション事業部グリッドソリューション統括部新エネルギーシステム部主席。化学工学会会員。





*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。