

韓国向けりん酸形燃料電池

Phosphoric Acid Fuel Cells for the Korean Market

川上 幸次 KAWAKAMI, Koji

堀内 義実 HORIUCHI, Yoshimi

韓国では、燃料電池を含む新エネルギーも対象とする「再生可能エネルギー利用割合基準制度」(RPS)が採用されており、燃料電池の導入が拡大してきている。富士電機がターゲットとする韓国中小規模発電事業者向けりん酸形燃料電池に必要な仕様として、韓国の燃料ガスへの対応、設置面積の削減と現地工事の簡素化、寒冷地対応があり、これまでの研究・開発、運用を通じてこれらの仕様を実現している。また、遠隔監視による安定稼働と国内の長時間運転実績に基づく高信頼性を獲得している。これらの特長を生かし、サウナなど温浴施設への導入が進んでおり、今後の拡大が期待されている。

The introduction of fuel cells has been expanding in South Korea following the adoption of the Renewable Portfolio Standard (RPS), a regulation that covers new energy sources including fuel cells. Small- and medium-sized power producers in South Korea, Fuji Electric's target customers, define the specifications for phosphoric acid fuel cells including compatibility with Korean fuel gases, installation area reduction, simplified on-site construction, and cold tolerance. Fuji Electric has achieved these specifications through our research and development and operations. In addition, we provide stable operation using remote monitoring and ensure high reliability based on our prolonged operation in Japan. With these features, the fuel cells have been being introduced into warm bath facilities, such as saunas, and are expected to be widespread.

1 まえがき

富士電機は、1998年に100kW級りん酸形燃料電池(PAFC: Phosphoric Acid Fuel Cell)を商品化し、2010年に周辺機器を含めてパッケージ化して商品性を向上させた、オールインワンパッケージ型「FP-100i」の販売を開始した。比較的エネルギーコストが割高な中小規模の施設にターゲットを絞り、発電容量100kWの電気と温水を利用するコージェネレーションシステムに特化することで、2020年3月までに国内外で累計100台を納入している。

燃料電池は、水素と酸素との電気化学反応から直接電気を発生させる発電装置であり、低炭素社会の実現に向けた次世代エネルギーの一つとして、導入が進んでいる。燃料電池は他の内燃機関のコージェネレーションシステムと比較し、多様な燃料を利用可能なことに加えて、100kW以下程度の小容量でも発電効率がよくランニングコストやCO₂排出量が低減可能であり、環境性に優れていることなど、多くの特徴を持っている。

近年、韓国にて燃料電池の導入が急速に進んでいる。本稿では、韓国で燃料電池の導入が進む背景と、韓国向けりん酸形燃料電池に必要なとされる仕様や特徴、さらに韓国への納入事例について述べる。

2 韓国の新・再生可能エネルギー導入政策と燃料電池市場

韓国では、再生可能エネルギー(再エネ)電力普及促進策として、2002～2011年の間、「再生可能エネルギーの固定価格買取制度」(FIT)を実施してきた。さらに、2012年から発電設備容量500MW以上の大規模発電事業者に対し「再生可能エネルギー利用割合基準制度」

(RPS: Renewable Portfolio Standard)により、一定割合の電力を再エネもしくは燃料電池を含む新エネルギーで発電することを義務付けている。義務供給量比率は2012年の2%から目標年の2022年には10%を目標とするものであり、自ら新・再エネ発電により電力を供給するか、あるいは新・再エネ発電事業者が発行するグリーン電力証書(REC: Renewable Energy Certificate)を購入することにより、義務供給量を達成する必要がある^{(1)~(3)}。このように、大規模発電事業者はRPS制度に基づく新・再エネ発電を実施する必要があること、また、中小規模発電事業者は、売電収入に加え、新・再エネ発電によるRECクレジット取得・販売による収益が見込めることから、近年特に燃料電池の導入が拡大している。

富士電機の100kWりん酸形燃料電池の主要ターゲットは上述のRECクレジットを活用した中小規模発電事業者である。燃料電池発電の売電スキームの概要を図1に示す。

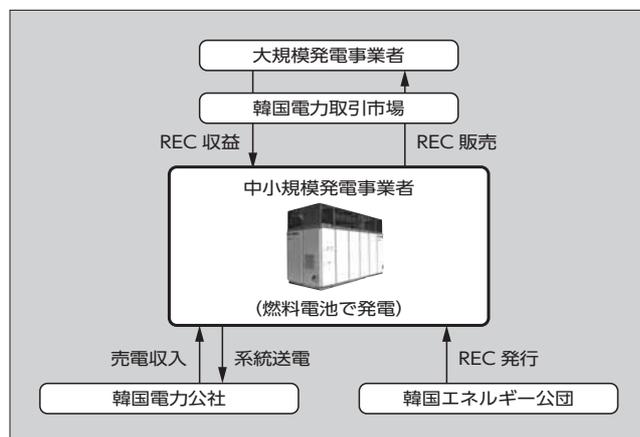


図1 韓国中小規模発電事業者の燃料電池発電の売電スキーム

③ 富士電機の燃料電池

3.1 概要と主な仕様

図2に、オールインワンパッケージ型の富士電機のりん酸形燃料電池 FP-100i の外観を示す。

表1に、FP-100i の主な仕様を示す。使用する燃料に応じて3種類の燃料電池をラインアップしており、インフラが整備されている都市ガス、再エネとして活用されているバイオガス（下水消化ガス）、また次世代の燃料として期待されている純水素を燃料にして発電が可能となっている。FP-100i はコージェネレーションとしての用途に加え、オプション機能として、LP ガスをバックアップ燃料として独立給電が可能な災害対応型、クリーンな低酸素空気が供給可能な火災予防対応型などを用意している。

図3に、FP-100i の構造を示す。FP-100i は、現地で容易に据付けができるようにパッケージ構造を採用している。また、トラック輸送を考慮して横幅を2.2 m、高さを2.5 m（据付け後は3.4 m）としている。従来、別置であった窒素供給設備、水処理設備の付帯設備もパッケージに内蔵するとともに、排熱処理用の空冷式ラジエータを天



図2 りん酸形燃料電池「FP-100i」の外観

表1 「FP-100i」の主な仕様

項目	仕様		
燃料	都市ガス	バイオガス	純水素
出力	105 kW（発電端）		
出力電圧/周波数	210 V/50 Hzまたは60 Hz		
発電効率（LHV）*	42%	40%	48%
熱出力	123 kW	116 kW	99 kW
総合効率（LHV）	91%	84%	93%
排ガス	NO _x ：5 ppm以下 SO _x 、ダスト：検出限界以下		NO _x 、SO _x 、 ダスト：なし
外形寸法	W2.2×D5.5×H3.4（m）		
質量	14t	13.5t	

*LHV：ある一定の状態に置かれた単位量の燃料が断熱的に完全燃焼し、その燃焼ガスを元の温度まで冷却したときに放散される熱量を“発熱量”という。発熱量には、水蒸気の潜熱を含める高位発熱量（HHV：Higher Heating Value）と、これを含めない低位発熱量（LHV：Lower Heating Value）がある。

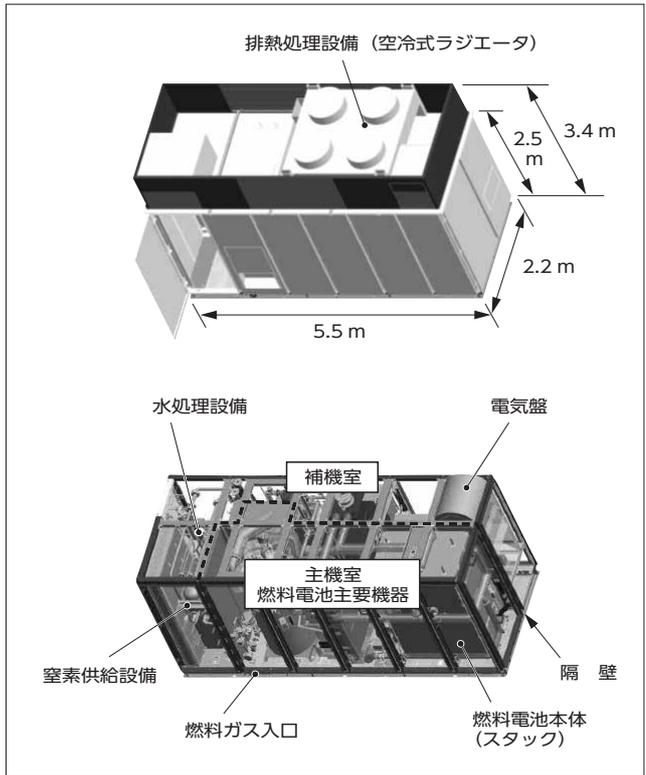


図3 「FP-100i」の構造

井に設置したため、現地据付け時の配線および配管の工事の大幅削減と設置面積の半減を実現している。

3.2 納入実績・稼動状況

図4に100 kW 燃料電池の納入実績を、表2に納入先の国と使用するガス種、表3に納入先の施設を示す。

1998年以降2020年3月までの間に国内外で100台納入しており、燃料ガス種は、都市ガスや天然ガス、消化ガス、純水素とさまざまなガス種に対応している。主な納入先の施設は、下水処理場やオフィス・商業ビル、工場・ガス会社、サウナ、病院となっている。燃料電池は主として、コージェネレーションシステムとして使用されている。

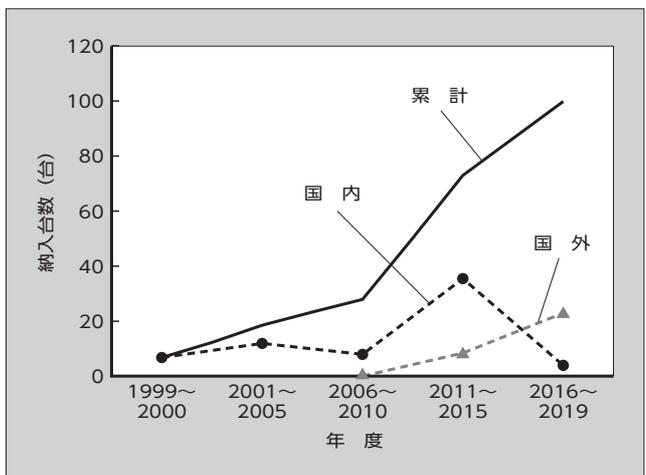


図4 100 kW りん酸形燃料電池の納入実績（2010年度以降、FP-100i を納入）

表2 国別納入台数とガス種類

	国名	台数	ガス種類			
			都市ガス	天然ガス	消化ガス	純水素
国内	日本	67	28	6	32	1
国外	米国	2	—	2	—	—
	ドイツ	10	—	10	—	—
	韓国	19	1	18	—	—
	フランス	1	—	1	—	—
	南アフリカ	1	1	—	—	—
合計		100	—			

表3 PAFC 納入先の施設

納入先施設	国内	国外
下水処理場	31	0
オフィス・商業ビル	6	4
工場・ガス会社	8	10
サウナ	0	8
病院	7	0
大学	5	1
倉庫	0	5
その他	10	5
小計	67	33
合計	100	

納入機の中には、セルスタックや改質器などの主機の交換などの装置の大幅改修、すなわちオーバーホールを経て累積運転時間が13万時間（約15年）の実績となるものが始まっており、富士電機のりん酸形燃料電池の信頼性や耐久性が実サイトで実証されている。

図5に2020年3月時点の納入台数および累積稼働時間が1万時間、3万時間、6万時間を超過した装置の台数を示す。これまでの運転実績の経験に基づいた知識と、後述する遠隔監視システムを活用することで、運転障害の原因解析や対策の検討・実行により安定した稼働ができています。

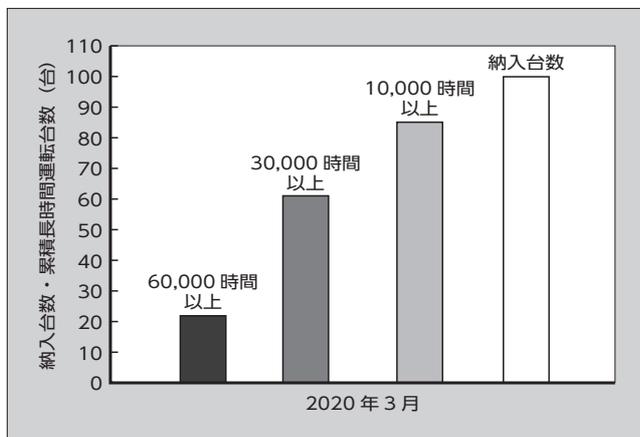


図5 累積長時間運転の燃料電池台数推移

4 韓国向け燃料電池

韓国向け燃料電池に必要な仕様につき、次に述べる。

4.1 韓国燃料ガスへの対応

表4に日本と韓国の典型的な燃料ガスの比較を示す。韓国の燃料ガスは、メタンの割合が高く、日本の都市ガスよりも発熱量が低い。富士電機はこれまでの国内外の設置や運転実績に基づいて、改質器に供給する水蒸気や燃料ガスの流量を算出し、設置場所ごとの燃料ガスの組成、発熱量に応じて最適な流量の比率を設定して対応している。

4.2 現地工事の簡素化

FP-100iは、オールインワンパッケージ型のため、韓国の中小規模発電事業者向けに設置面積が大きく取れない市街地などの狭小地においても設置が可能である。また、配線配管工事を短時間で行うことができるため、韓国でのFP-100iの導入拡大に貢献している。

4.3 寒冷地対応

韓国のソウルなどの高緯度もしくは高地において、冬季に-10℃以下の厳寒の気候となる場合がある。

従来は、気温が-5℃を下回る寒冷地では屋内設置としていたが、図3に示すように、FP-100iではパッケージ内に隔壁を設けて凍結防止が必要な補機室エリアを区画化し、当該エリア内の機器放熱と給排気量を最適制御することにより、外気温-20℃の場合でも当該エリア内が0℃を下回らない構造とすることで、寒冷地においても屋外設置を可能とした。

この寒冷地対応により、冬季に厳寒温度となる韓国においても順調に運転を行っている。

4.4 遠隔監視による安定稼働

韓国で稼働しているりん酸形燃料電池に対し、富士電機が開発したインターネットを用いたクラウド型燃料電池遠隔監視システムを使い、運転状態監視やソフトウェア変更などを日本国内から行っている。これにより、国外であっ

表4 日本と韓国の燃料ガスの比較

成分名	分子式	都市ガス13A (日本・東京ガス)	天然ガス (韓国・大邱市)
メタン	CH ₄	89.60%	93.10%
エタン	C ₂ H ₆	5.62%	4.47%
プロパン	C ₃ H ₈	3.43%	1.53%
ブタン	C ₄ H ₁₀	1.35%	0.69%
ペンタン	C ₅ H ₁₂	—	0.02%
窒素	N ₂	—	0.20%
合計	—	100.00%	100.00%
発熱量 (LHV*)	単位 MJ/Nm ³	40.6	38.5

* LHV：低位発熱量（表1の脚注を参照）

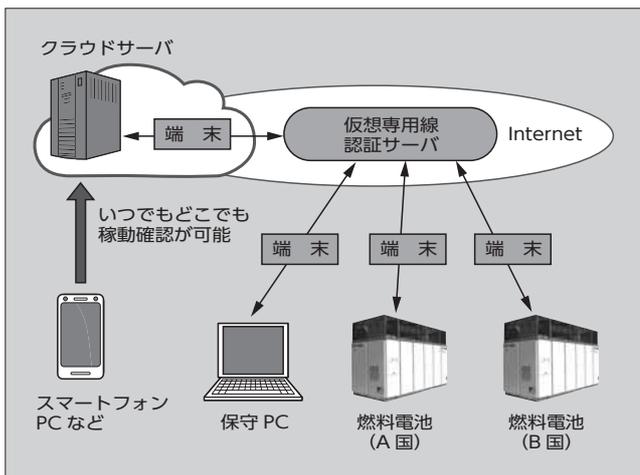


図6 クラウド型燃料電池遠隔監視システム

ても、異常が発生した際に、迅速に対応できる。図6に、遠隔監視システムの概要を示す。クラウドサーバへの稼働データの保存と、保守PCから燃料電池ソフトウェアの遠隔更新を実現している。また、携帯端末からクラウドサーバにログインすれば、時間や場所を問わず稼働データが閲覧できる。

5 韓国納入事例

上述のとおり、韓国政府の新・再エネ導入優遇策を受け、2017年以降、FP-100iの韓国向け納入が増加している。その中で、いくつか納入事例について述べる。

図7に、ユイル産業に納入した事例を示す。当初5台を納入し、その後追加納入し、現在8台の燃料電池が発電している。

図8に、KT（旧 Korean Telecom）の保養所に納入した事例を示す。狭小地への設置であったが、必要設置面積が小さいことを生かし、設置することができた。また、この保養所は高原地域で冬季は降雪があり、厳寒となる気候であるが、年間を通じて順調にコージェネレーション（発電+排熱利用）を行っている。

図9に、千戸サウナヘルスに納入した事例を示す。サウナ施設の建屋横の駐車場を有効活用するため、鉄骨フレー



図7 納入事例：ユイル産業向け 100kW × 8台



図8 納入事例：KT 保養所向け 100kW × 1台



図9 納入事例：千戸サウナヘルス向け 100kW × 2台

ム2階建て構造体を新設し、その上部にFP-100iを設置した。通常、サウナ施設は市街地にあり、設置スペースが制限される場合が多く、本事例のように設置方法を工夫した結果、顧客の希望に応えることができた。

図10にサウナの東湖ヒューランドに納入した事例を示す。本施設も市街地にあり、サウナ建屋の屋上の屋内ゴルフ練習場の空きスペースに3台を設置した。

上述以外にも、小規模発電事業者として熱需要の大きいサウナ施設、温水プールなどへの納入事例が増えてきており、FP-100iの発電時の排熱を効率的に活用している。



図10 納入事例：東湖ヒューランド向け 100kW × 3台

⑥ あとがき

韓国向けりん酸形燃料電池について述べた。FP-100iの仕様や特長を生かし、今後もコージェネレーション利用の中小規模発電事業者向け中心に拡販していく。また、バイオガスや水素など多様な燃料への対応も強みに韓国新市場への導入も目指していく。

富士電機は、長年培った燃料電池技術を活用し、燃料電池の特長を生かした各種アプリケーションの開発と適用拡大を進め、国内外で地球温暖化対策を目的とする低炭素社会および持続可能な社会の実現に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 李秀澈ほか. 日韓の再生可能エネルギー政策転換の成果と課題. 環境経済政策学会2014年度大会報告資料.
- (2) 鄭承衍ほか. 日韓の再生可能エネルギー政策の転換とその

成果. 名城論叢. 第14巻第4号, 2014年3月, p.61-76.

- (3) 一般社団法人 海外電力調査会. 各国の電力事業（主要12か国）. 韓国. <https://www.jepic.or.jp/data/w11skra.html>, (参照 2020-08-18).



川上 幸次

水処理計測機器、環境処理装置の開発・設計、燃料電池のエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機コリア株式会社営業本部開拓営業 Team 燃料電池技術統括。



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 発電プラント事業本部エンジニアリング統括部品質保証部長。電気学会会員。





*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。