

中国携帯電話基地局向け燃料電池システムに搭載する高耐久性の燃料電池スタック

FC Stack with High Durability for FC Systems Installed at Base Stations for 5G Mobile Communications in China

干鯛 将一 HIDAI Shoichi 小笠原 もも OGASAWARA Momo 永田 優作 NAGATA Yusaku 佐々木 広美 SASAKI Hiromi

カーボンニュートラル実現の世界的な潮流の中で、中国では水素エネルギー利用技術の開発が注目されている。

東芝エネルギーシステムズ(株)は、中国広州のMore Hydrogen Energy Technology Co., Ltd. (MOH社)のメタノール改質型燃料電池システム向けに、5 kW 燃料電池スタックを開発した。家庭用燃料電池システム“エネファーム”で実績のある燃料電池セルをベースに開発することで、高い耐久性を実現した。混合ガスでの性能確認及び加速試験による耐久性試験を実施し、MOH社のメタノール改質型燃料電池システムに適用可能であることを確認した。

In line with the recent world trend toward the achievement of carbon neutrality, attention in China has been increasingly focused on the development of technologies utilizing hydrogen energy.

With these circumstances as a background, Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation has developed a 5 kW fuel cell (FC) stack for reformed methanol FC systems supplied by More Hydrogen Energy Technology Co., Ltd. (MOH), a Chinese company in Guangzhou City, as power generation systems installed at base stations for fifth-generation (5G) mobile communications. This FC stack achieves high durability through the application of technologies cultivated in our development of the ENE-FARM residential FC system. We have conducted both performance tests using a mixed-fuel gas and accelerated durability tests, and verified that the newly developed 5 kW FC stack satisfies the specifications required for reformed methanol FC systems.

1. まえがき

近年、SDGs (Sustainable Development Goals : 持続可能な開発目標)につながる取り組みの一つとして、カーボンニュートラル実現を目指して水素エネルギーを活用する動きが進んでいる。東芝エネルギーシステムズ(株)は、水素エネルギーを利用する、家庭用燃料電池システム エネファームや純水素燃料電池システム H2Rexを開発し、提供してきた。

そのような中、当社は、MOH社から、燃料電池システムに搭載する燃料電池スタックの開発を依頼された。MOH社は、燃料電池システムを、5G (第5世代移動通信システム) 基地局の電力供給設備として適用することを目指している。

2021年12月に、当社製燃料電池スタックを適用した2基のメタノール改質型燃料電池システムが、MOH社から初出荷品として、中国通信インフラサービス大手の中国鉄塔股份有限公司に納入された。

ここでは、中国の携帯基地局向け電力供給市場の現状から燃料電池スタックに求められる性能について、更にそれに応えるための技術開発の内容と検証試験について述べる。

2. 中国での携帯基地局向け電力供給設備の要求仕様

2021年11月1日に、中国の工業和信息化部は、「情報通信産業発展第14次5カ年計画」を発表した。これによると、中国は世界最大の5G独立ネットワークの構築に努め、2025年には1万人当たりの5G基地局数を、2020年の5か所から26か所へ、5Gの普及率は2020年の15%から56%に、引き上げるとしている。そのため、中国の通信機器・通信サービス分野における市場は、2025年までに急速に拡大すると予測される。

5G基地局は、4G基地局よりも要求電力量が3～4倍多いため、非電化地域の基地局では新たな電力供給設備を導入する必要がある。MOH社は、エネルギー密度が高く、運搬が容易な液体燃料であるメタノールに注目し、これを燃料とする燃料電池システムを、5G基地局の電力供給設備として適用することを目指している。非電化地域における運用を実現するためには、現地での部品交換の頻度を減らすことが望ましく、高品質・長寿命な燃料電池システムが求められる。当社の高耐久な燃料電池スタックを適用することで、要求仕様を満足する燃料電池システムが可能になる。当社は、燃料電池スタックを開発・製造し、MOH社に提供する。更に、技術提携契約に基づき、MOH社による燃料電池シ

システムの開発にアドバイザーとして協力した。MOH社は、開発後の燃料電池システムを製造・販売する。

海外市場に参入するためには、販売経路やメンテナンス体制の構築が課題となる。エンドユーザーへの販売やメンテナンスを現地企業に任せることで、それらを独自に構築しなくても、市場に参入できるようになる。

3. メタノール改質型燃料電池システムの概要

当社の5 kW燃料電池スタックを搭載する、MOH社のメタノール改質型燃料電池システムの構成を、図1に示す。メタノール改質型燃料電池システムは、発電を行う燃料電池ユニットと、内部に蓄電池を備えて需要端である通信基地局に接続する電力制御ボックスから成る。電力制御ボックスを介して、複数の燃料電池ユニットを接続できるだけでなく、太陽電池などの電源への接続も可能な構成とした。この構成にすることで、商用系統へのアクセスが困難な遠隔地にある通信基地局への電力供給が可能になるだけでなく、通信基地局の電力需要に応じて電力供給能力を拡張できる。

燃料電池ユニット内には、メタノール改質器、燃料電池スタック、及びDC(直流)/DCコンバーターを備える。メタノール改質器で水素を含む改質ガスを生成させ、これを燃料電池スタックのアノードに燃料ガスとして供給する。燃料

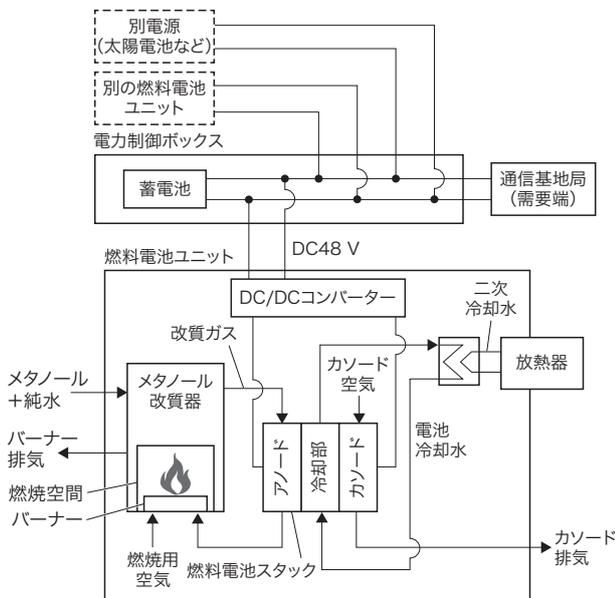


図1. メタノール改質型燃料電池システムの構成

燃料電池ユニットは、燃料のメタノールから水素を取り出すメタノール改質器、燃料電池スタック、DC/DCコンバーターから構成される。燃料電池ユニットで発電された電力は、電力制御ボックスを介して通信基地局の電力として供給される。

Configuration of reformed methanol FC system

電池スタックでは、カソードに供給される空気と、アノードに供給される改質ガスを反応させて発電する。得られた直流電力をDC/DCコンバーターで、DC48 Vに変換し、電力制御ボックスを通じて需要端に供給する。

燃料電池システムの仕様を、表1に示す。この燃料電池システムは、商用系統から完全に自立した運用が基本であり、燃料以外のユーティリティ供給も不要である。また、需要端の電力需要変化に応じて、燃料電池スタックは、1～5 kWの範囲で連続的に出力を変化させることができる。

表1. メタノール改質型燃料電池システムの仕様

Specifications of reformed methanol FC system

装置	大項目	項目	仕様
全体	電力	出力電圧	DC48 V
		商用系統電力との関係	系統連系なし 起動停止時も完全自立
		電力需要変化への対応	連続的に追従可能
	設置環境	外気温 (連続運転可能)	+0 ~ +35 °C (上記範囲外はオプションで対応)
		湿度	0 ~ 100 % (ただし内部結露なきこと)
燃料電池ユニット	サイズ	外形寸法	1,000×600×1,600 mm
		質量	350 kg
	電力	出力電力	~ 4 kW (燃料電池スタック出力 1 ~ 5 kW)
	ユーティリティ	改質用燃料	メタノール+純水
		パージガス	不要
電力制御ボックス	サイズ	外形寸法	800×600×1,600 mm
		質量	200 kg



図2. メタノール改質型燃料電池システムが設置された通信基地局

メタノール改質型燃料電池システムを必要とする通信基地局は、山中などにあることが多いため、系統から自立した電力供給が必要である。

Reformed methanol FC system installed at base station

実際の設置例を、図2に示す。商用系統からの電力供給がない場所に屋根付きの囲いを建設し、その中に燃料電池システムを設置した。図2の右上部分に、囲い内部の設置状況を示す。手前と奥側に燃料電池ユニットが、中側に電力制御ボックスが、それぞれ設置されている。このように、複数の燃料電池ユニットを組み合わせることで運用できることが特長である。

4. 燃料電池スタックの開発

4.1 燃料電池スタックの仕様

メタノール改質型燃料電池システム向けの5 kW 燃料電池スタックと、エネファーム向けの燃料電池スタックの仕様を、表2に比較して示す。燃料電池スタックは、複数の燃料電池セルを直列に積層して構成される。燃料電池セルはエネファームと同仕様として、エネファームで検証された実績のある初期性能と耐久性を生かしている。エネファームの出力700 Wに対して、メタノール改質型燃料電池システムは5 kWである。運転電流を2.8倍とすることで、燃料電池セル数を2.7倍に増やしただけで、7.1倍の出力5 kWを実現した。燃料電池セルは、貴金属触媒などの高価な材料で構成されるため、燃料電池セル数は製品コストに大きく影響する。燃料電池セル数の増加を抑えることで、出力当たりの製品コストを低くした。

図3に、開発した燃料電池スタックの発電性能を示す。燃料電池セルの性能はエネファームと同じであり、燃料電池スタック電圧が、燃料電池セル数を増やしたことに比例して高くなった。5 kWの出力を得るために、電流111 A、燃料電池スタック電圧45 Vで運転する。

5 kW 燃料電池スタックの外観を、図4に示す。燃料電池セルを積層した側面に、マニホールドと呼ぶ部材を取り付けてある。燃料ガスは、マニホールドに導入され、燃料電池セルに供給される。マニホールドは、耐熱性・絶縁性・耐久性に優れたPPS（ポリフェニレンサルファイド）樹脂を

表2. 5 kW 燃料電池スタックの仕様

Specifications of 5 kW FC stack

項目	5 kW 燃料電池スタック	エネファーム
燃料電池セル数 (エネファームを1とした場合の比)	2.7	1
定格電流密度 (エネファームを1とした場合の比)	2.8	1
出力 (kW)	5	0.7
外形寸法 (mm)	235×206×400	244×199×240
容積 (L)	19	12
質量 (kg)	12	6

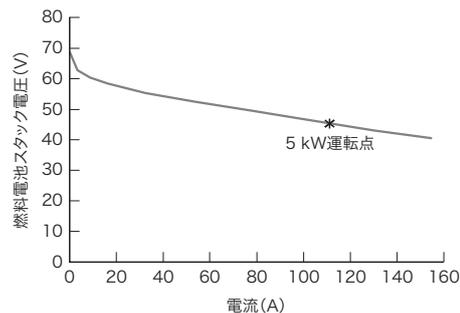


図3. 5 kW 燃料電池スタックの発電性能

開発した燃料電池スタックの発電性能を参照し、5 kW出力が得られる111 A、45 Vで運転する。

Current-voltage (I-V) characteristics of 5 kW FC stack



図4. 5 kW 燃料電池スタック

5 kW 燃料電池スタックは、マニホールドをバンドで締め付ける構成とした。
5 kW FC stack

モールド成形して製造する。扁平（へんぺい）な部材であるため、反りが生じないように、外側に梁（はり）を付けた形状とした。燃料電池セル数が増えると、燃料電池スタックが長くなるため、それに応じてマニホールドの長さを長くした。マニホールドのガスシール機能を維持するために、マニホールドに荷重をかける必要があるため、四隅でのねじ止めに加えて、バンドで締め付ける構成とした。

4.2 メタノール改質ガスでの運転検証

エネファームでは、天然ガスあるいはプロパンガスを改質した燃料ガスを、燃料電池スタックに導入して発電する。燃料ガスの主成分は、水素と二酸化炭素であるが、微量に一酸化炭素が含まれる。一酸化炭素は、燃料電池スタックの触媒の主成分である白金の表面に吸着して反応を阻害する（触媒被毒）ことが知られている。そのため、アノードの触媒として白金ルテニウム合金触媒を適用することで、一酸化炭素の酸化反応を促進し、触媒被毒による性能低下を抑制する。メタノール改質型燃料電池システム向けの燃料電池スタックにも、白金ルテニウム合金触媒を適用した。更に、

一酸化炭素を酸化するために空気を微量添加する。

メタノールの改質反応で得られる燃料ガスの主組成は、水素75%、二酸化炭素25%である。一酸化炭素濃度は、改質器の温度が安定している場合には10 ppm以下であるが、出力が変わると改質器の温度が変化し、過渡的に50 ppmまで増加することが起こり得る。図5に、燃料ガスに添加した空気濃度をパラメーターとして、一酸化炭素濃度に対する電圧低下量を示す。電圧低下の許容量を20 mVとすると、空気を0.5%以上添加することで、一酸化炭素濃度50 ppmでも電圧低下を許容量以下に抑えられることが分かる。この検証結果をメタノール改質型燃料電池システムの運転条件に反映した。

また、加速試験で、長期運転時の耐久性を検証した。一酸化炭素がアノードの劣化を加速するため⁽¹⁾、一酸化炭素濃度を40倍の400 ppmとして、長期発電試験を実施し

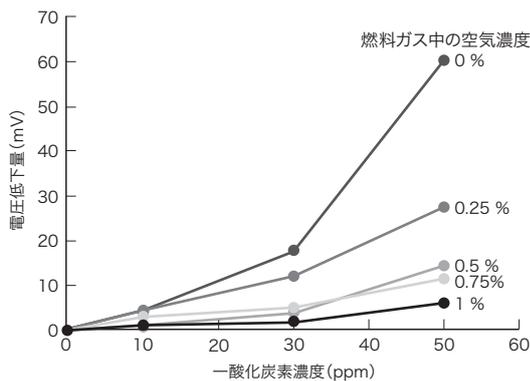


図5. 燃料ガス組成による発電性能への影響

燃料ガスに添加する空気濃度を0.5%以上にすると、一酸化炭素濃度が50 ppmでも電圧低下を許容量の20 mV以下に抑えることができる。

Effect of mixed-fuel gas composition on power generation performance of 5 kW FC cell

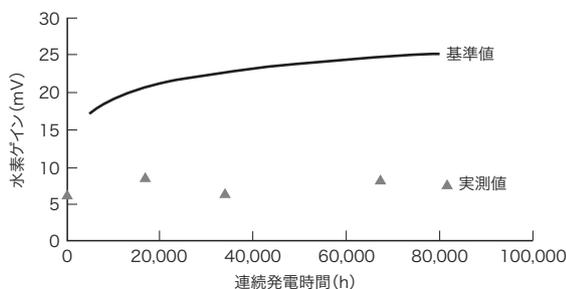


図6. アノード耐久性の劣化加速試験の結果

アノードの耐久性を検証するために、加速因子である一酸化炭素濃度を40倍量で供給して連続発電試験を実施し、評価指標である水素ゲインが増加しないことを確認した。

Results of accelerated durability tests of anode

た。性能の指標として、アノード水素導入時と混合ガス導入時の発電電圧の差である、水素ゲインを測定した。図6に、連続発電時間による水素ゲインの変化を示す。試験時間に加速係数40倍を掛けた想定運転時間が、10年間に相当する80,000時間となっても、水素ゲインの増加は見られなかった。すなわち、アノード性能の顕著な劣化がなく、十分な耐久性を持つことを検証できた。

これらの結果から、開発した5 kW燃料電池スタックが、メタノール改質型燃料電池システムに適用可能であることを確認した。

5. あとがき

MOH社製のメタノール改質型燃料電池システム向けに開発した、5 kW燃料電池スタックについて述べた。検証試験を通して、メタノール改質で得た燃料ガスを用いての運転が可能であり、十分な耐久性を持つことを確認した。

中国は市場規模が大きいため、我が国だけでなく世界各国の燃料電池関連企業が注目している。今回の納入実績を足掛かりとして、中国国内への燃料電池の販路拡大を進めていく。

文献

- (1) Nakamori Y. et al. Effect of CO and oxygen on anode degradation in polymer electrolyte fuel cell. Journal of Power Sources. 2013, 242, p.421-424.



干鯛 将一 HIDAI Shoichi, Ph.D.
東芝エネルギーシステムズ(株)
エネルギーアグリゲーション事業部 燃料電池設計部
博士(工学)
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



小笠原 もも OGASAWARA Momo
東芝エネルギーシステムズ(株)
海外営業統括部 海外営業第二部
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



永田 優作 NAGATA Yusaku
東芝エネルギーシステムズ(株)
エネルギーアグリゲーション事業部 燃料電池設計部
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



佐々木 広美 SASAKI Hiromi
東芝エネルギーシステムズ(株)
エネルギーアグリゲーション事業部 水素エネルギーシステム設計部
日本機械学会会員
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.