

高効率発電装置固体酸化物形燃料電池(SOFC)

Advanced Power-SOFC

吉田 行男^{*1} 久留 長生^{*2} 武 信 弘^{—*3}



1. は じ め に

燃料電池は、燃焼反応を伴わずに燃料から直接に電気エネルギーを取り出す高効率で環境に優しい発電装置として各種の形式(表1)が開発されている。その中でも、固体酸化物形燃料電池(SOFC)は作動温度が約1000℃と高く、高温の排熱を利用できることから、コージェネから事業用火力までの幅広い用途への適用が期待されている。

SOFCは他の燃料電池と比較して道程が長かったが、電池本体の開発に区切りがつき、いよいよ発電システムの開発段階に入った。

2. 開 発 状 況

2.1 MOLB型SOFC(Mono-block Layer Built: 一体積層型)

MOLB型SOFCは平板型と称せられる形状の一つであるが、電池は凹凸状に加工した三次元ディンプル形状の発電膜(燃料極/電解質/空気極)と発電膜を直列に接続するインターコネクタ、電池端部においてガスを封止するシール材により構成される(図1)。

当社は、MOLB型SOFCで1992年に平板形状の発電膜を40段積層したスタック3個で、平板型SOFCとしては世界初の1kW級発電に成功し、2000年にはディンプル構造の発電膜を持つMOLB型100段積層スタック3個で発電出力

15kW、累積発電時間7500時間(常圧内部改質発電2473時間を含む)を平板型SOFCとして世界初で達成した。

2001年度からは実用機開発に向けてSOFC国家プロジェクトでNEDO((独)新エネルギー・産業技術総合開発機構)より“10kW級モジュールの開発”を中部電力(株)と共同で受託し、図2に示す装置にて実用化のキー技術である“熱的自立モジュール”開発と運転検証を進めている。

2.2 円筒型SOFC

円筒型SOFCは円筒状のセラミックス管(基体管)の表面に電池の発電膜である燃料極、電解質及び空気極を積層し、複数個並べた形状となっている(図3)。

当社は、円筒型SOFCで1990年に国産SOFCとしては初めて1kW級モジュールの発電に成功したのち、1998年には加圧10kWモジュールで連続7000時間発電運転に世界で初めて成功した。

さらに2001年には高効率達成に必須の技術であるメタン

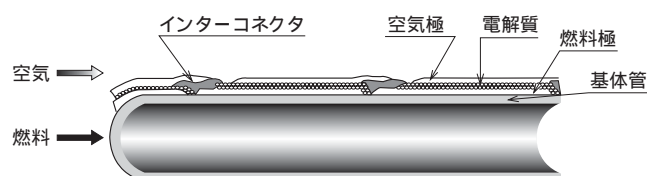


図3 円筒型SOFCセルチューブ構造

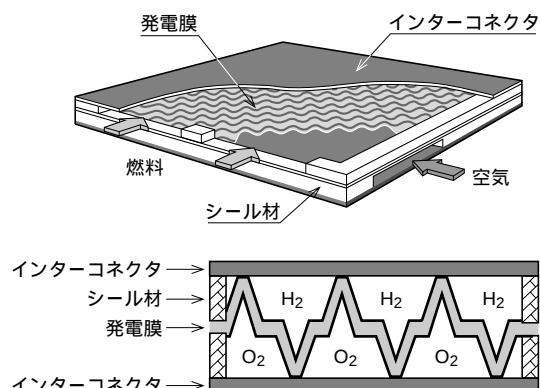


図1 MOLB型SOFC構造

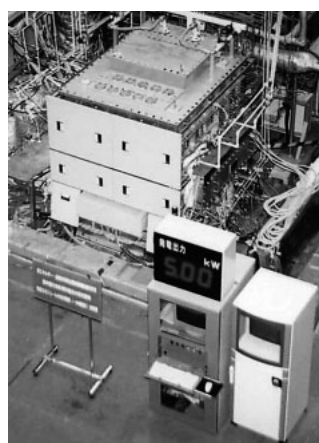


図2 熱的自立モジュール外観

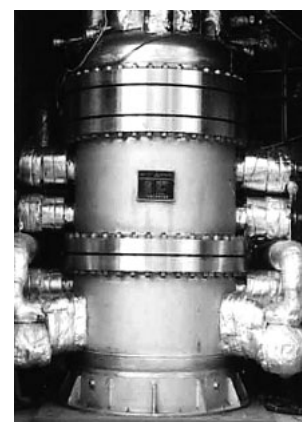


図4 加圧内部改質型10kWモジュール外観

^{*1} 原動機事業本部エネルギー・システム技術部次長

^{*2} 長崎造船所火力プラント設計部 燃料電池開発課長

^{*3} 神戸造船所新製品・宇宙部 新エネルギー・設計課主席

表1 各種燃料電池の基本的特徴比較

燃料電池種類	液体電解質形燃料電池		固体電解質形燃料電池	
	りん酸形燃料電池 (PAFC)	溶融炭酸塩形燃料電池 (MCFC)	固体酸化物形燃料電池 (SOFC)	固体高分子形燃料電池 (PEFC)
電 解 質	リン酸 (液体)	溶融炭酸塩 (液体)	安定化ジルコニア固体	高分子膜 (固体)
電解質内電荷担体	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻	H ⁺
作動温度 (℃)	150 ~ 200	600 ~ 650	900 ~ 1000	20 ~ 100
反応物質	水素	水素, CO	水素, CO	水素
燃 料	天然ガス, メタノール, LPG, ナフサ, 灯油	天然ガス, メタノール, LPG, ナフサ, 灯油, 石炭	天然ガス, メタノール, LPG, ナフサ, 灯油, 石炭	天然ガス, メタノール, LPG, ナフサ, 灯油
電 極	多孔質カーボン (白金触媒)	多孔質ニッケル等 (白金触媒不要)	酸化ニッケル等 (触媒不要)	多孔質カーボン (白金触媒)
特 徴	CO 含有量に制限 白金触媒を使用	CO 含有可 燃料内部改質が可能	CO 含有可 燃料内部改質が可能	CO 含有制限が厳しい 作動温度が低い
主な用途	コージェネレーション 分散電源	コージェネレーション 分散電源 大容量電源 (火力代替)	コージェネレーション (高電 / 熱比型) 分散電源 (中 ~ 大容量) 大容量電源 (火力代替)	コージェネレーション 分散電源 (小 ~ 中容量) 可搬用電源



図5 MOLB 型常圧50kW 機外観



図6 400kW 級 SOFC + MGT システム外観

ガスの内部改質技術の開発に取り組み、図4に示す加圧内部改質型10 kW 級モジュールにて出力10.2 kW、システム発電効率45.6% (LHV) を達成し、連続内部改質発電時間755時間を達成した。

3. 実用化への取り組み

当社はSOFCの開発を着実に進め、いよいよ発電システムとしての技術検証と商品化に取り組む段階にきた。

最も商品化に近いMOLB型は、常圧50 kW 機の開発に取り組んでおり、コージェネ機用として来年度には発電効率45% (LHV) の商用初号機を市場投入予定である。図5に外観を示す。今後は高効率型として発電効率50% (LHV) の200 kW 機開発にも取り組む予定である。

一方円筒型は、当社で開発中のMGT (Micro Gas Turbine) とのハイブリッドシステム化により送電端発電効率55% (LHV) 以上が期待できる400 kW 級システムの開発を検討中である。図6に外観イメージを示す。

この400 kW 級システムを構成するSOFCモジュールの出力は約300 kW であり、これを50基程度まとめて6 MW 級のガスタービンとハイブリッド化することで、天然ガス焚20 MW 級コンバインドシステムで送電端効率60% (LHV) の達成が見込まれる。このシステムはSOFCとガスタービンだけのシステムであり、ボイラ水や冷却水が得られにくい内陸部の発電装置として期待できる。

さらに、2001年度よりSOFC国家プロジェクト“アドバンス円筒型セルの開発”として取り組んでいる電池本体の高出力化により、SOFCモジュールの出力は約300 kW から1

MW 級に増加し、10 MW 級ガスタービンMF-111とのハイブリッド化で送電端発電効率65% (LHV) の50 MW 発電プラントの実証が可能となる。

タイトル図に示すLNG 焚ガスタービン - SOFC 複合発電システムでは送電端効率70% (LHV) が見込まれ、また石炭ガス化炉 + SOFC + ガスタービン + 蒸気タービンの複合発電システムでは、送電端発電効率60% (LHV) が期待できる。

このようにSOFCは中小容量から火力代替の大容量までの広範囲で、かつ、天然ガスから石炭までの多種燃料で高発電効率が期待できることから、当社はSOFC実用化に向けて開発に取り組んでいる。

4. ま と め

以上述べてきたようにSOFCは長い基礎技術開発を終え、今後はシステム化技術の早期確立により実用化に向けてまい進して行く所存である。

終わりに、当社SOFC開発の技術はNEDOのSOFC国家プロジェクト、電源開発(株)、中部電力(株)との共同研究の中で培われたものであり、この場を借りて謝意を表する。



吉田行男



久留長生



武信弘一