2212 SOFC 発電システムの性能評価技術の開発

Development of Estimation Method of SOFC System Performance

○ 正 吉 葉 史 彦 山 本 融 吉 川 将 洋 麦 倉 良 啓 正 渡 辺 隆 夫 (電中研)

Fumihiko Yoshiba, Tohru Yamamoto, Masahiro Yoshikawa, Yoshihiro Mugikura and Takao Watanabe, Central Research Institute of Electric Power Industry,
2-6-1 Nagatsuka Yokosuka Kanagawa, 240-0196

Performances of several kW class SOFC systems are regulated by cell performances and by performances of thermal managements. Cell performances were estimated and the endurance tests were carried out. System performances were regulated by I-V relation of the cells; the heat losses and recirculated heat ratio was evaluated. Based on the results, the analysis method of SOFC system was developed and applied to the practical system.

Key Words : SOFC, System efficiency, Material and heat balance, Module design.

1. 緒言

固体酸化物形燃料電池(SOFC)発電システムにおいて、システム性能を評価することは、開発段階におけるシステム構成・設計の適正化や、実用段階における熱効率管理法の適正化に有効となる。

本研究では、SOFC 発電システムの熱効率を容易に明らかにできるようなシステム内エネルギー収支解析モデルの作成を基本として、システム性能評価技術を開発する。また、異なるコンセプトの基に開発された SOFC 発電システムに、電流、スタック電圧、温度等の測定端子を取り付け実測し、それらの計測データを基に性能評価に必要な様々な解析を行い、コジェネレーションシステムや発電システムとしての電池本体、各種 BOP 機器個別の性能分析を行う。

本報告では、特に長期連続発電試験を実施し、異なるシステムの性能推移等に関する分析を行うことにより、本性能評価手法の有効性に関する検討を行った。

2. SOFC システム構成の概略

SOFC システムの性能を決定する要因は大きく分けると二項目に集約される。一つは SOFC 本体の発電性能であり、高電流密度の運転条件下でも高いスタック電圧を示すことに加え、発電性能の温度依存性が小さいことが要求される。もう一つは運転状態における熱自立性能である。即ち、SOFC の作動温度 (600~800℃ 程度) を保つこと、燃料の改質反応時の吸熱反応熱を補うこと、燃料ガスと空気を SOFC の作動温度まで昇温することのため、スタック本体の発熱と燃焼器での燃焼熱を利用して熱自立することであるが、この熱自立状態を如何に少ない燃料供給量にて実現するかがシステムの熱効率に影響する。

SOFC 発電システムの性能評価手法を構築するにあたり、システム構成の大きくことなる二つのシステムを発電試験に供し、それぞれのシステムについての熱物質収支解析を行った。供試システムの特徴を表 1 にまとめて示す。

Table.1 Characteristic of operated systems.

	System 1	System 2
Fuel gas	Natural gas/methane	Methane
Rated power (DC)	750W	1100W
Fuel reforming process	Partial oxidation	Steam reforming
Module cooling medium	Air	---

Fig.1. Schematic design of system 1.

Fig.2. Schematic design of system 2.

図1及び図2に、発電試験に供した2つのシステムフロー図を示す。システム構成の大きな差異は、燃料改質方式である。即ち、システム1が燃料の一部を燃焼させることにより、改質熱源及び改質用水蒸気を確保するのに対し、システム2では、システムからの排気熱を利用して改質用水蒸気を生成している。従ってシステム2における改質用熱源は、SOFCからの放散熱もしくはSOFC排気ガスの燃焼熱により供給されることとなる。

3. システム発電性能分析結果

システムの連続発電試験にあたり、システム内の主要発電機器であるSOFCスタックと同一仕様の単セル試験を別途実施した。単セル試験では、スタックの運転条件とは異なり、任意のガス条件や運転温度条件を設定可能である。当所では、単セルの運転ガス条件と運転温度条件に対し、電池の電流-電圧の特性を表すことの可能な、性能表示式を開発している。システムの設計から運転及び長期発電を行うにあたり、性能表示式を用い、システム内における電池性能を分析すれば、システム効率の最適化や長期運転時の熱効率改善に有効となる。

Fig.3 Observed and estimated cell performance of the system 1.

図3にシステム1の連続発電試験における平均セル電圧の経時変化実測値を示す。同図には、システム1のセルにおける性能表示式をシステム運転状態に適用し、システム運転状態にて期待されるセル性能を合わせて示した。発電初期では、単セルから予測される性能がシステムにおいても十分に発揮されていることが分かる。また、連続発電の時間経過に伴い、実測セル電圧が低下しているものの、発電試験の後期では、実測セル電圧の方が性能表示式により予測される電圧を上回る結果を得た。性能表示式の運転温度別の長期変化等を捉えることにより、よりシステム運転条件に近い性能分析が可能となっていくものと考えられる。

図4及び図5にはシステム2における連続発電試験前後のシステム内エネルギーフロー状態の変化を比較して示す。発電性能の低下主要因はセル性能の低下であるが、放散熱の増加や熱循環割合の減少等も伴っていることが分かる。これらの電池性能と熱自立性能の両者が、長期発電条件においても安定して推移するようなシステム設計を行うことが重要であり、電池の性能表示式とエネルギーフロー状態の分析を結びつけによる性能評価手法がシステム性能適正化に適用可能であることを明らかとした。

Fig.4 Energy flow of the system 2 (Initial).

Fig.5 Energy flow of the system 2 (After Endurance test).

4. 結言

SOFC 発電システムにおける発電性能評価手法の開発として、システム構成の大きくことなる二つのシステムの連続発電試験を実施した。また、性能表示式によるセル性能の定量化と、システム内エネルギーフロー解析との結合により、長期システム運転条件におけるエネルギーロス状態を分析可能なツールを開発した。

本研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構からの委託研究「固体酸化物形燃料電池システム性能評価技術の開発」にて実施したものであり、関係各位の謝意を表します。

参考文献

- 1) J. Palsson, et. al., CIMAC Congress proceedings, 2004.
- 2) F. Yoshida et. al., ECS Transaction, 7 (1) 697-701(2007).