

次世代燃料電池 SOFC 複合発電システム (高効率ハイブリッド発電システム)

Extremely High Efficiency Power System - SOFC Hybrid System -



小林 由則*1
Yoshinori Kobayashi

安藤 喜昌*2
Yoshimasa Ando

西浦 雅則*3
Masanori Nishiura

富田 和男*4
Kazuo Tomida

岸沢 浩*5
Hiroshi Kishizawa

眞竹 徳久*6
Noriyoshi Mataka

SOFC(固体酸化物形燃料電池:Solid Oxide Fuel Cell)は高温作動の燃料電池であり、その高温排熱をマイクロガスタービンと複合することで高効率の発電システムを構成することができる。当社では、この SOFC の高効率発電システムとしての可能性に注目して、これまでに要素・システム両面の開発を進めてきた。そして現在、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託研究にて、円筒形 SOFC とマイクロガスタービン(MGT)を組み合わせた 250kW 級 SOFC-MGT ハイブリッド実証機のフィールド実証試験を、東京ガス(株)千住テクノステーションにて実施中である。

1. はじめに

地球温暖化抑制のための CO₂ 排出量削減と、現代社会に不可欠な電力の安定供給を両立させていくためには、火力発電等の集中電源により構築された高度な電力網に、高効率な分散電源や再生可能エネルギー等の新エネルギーを、質・量ともにベストミックスで合理的に組み合わせる必要がある。また、地球規模でのエネルギー資源の保全のためにも、高効率発電システムを開発し、早期普及させることにより、化石燃料を徹底して有効活用することが必須かつ急務の課題となっている。

2. SOFC 開発の経緯

これまで当社では、高温作動の燃料電池である SOFC を他の発電システムと組み合わせた複合発電システムの開発を進めてきており、現在、ハイブリッドシステムの実用化に向けた実証段階にある。

ハイブリッドシステムは、[図1](#)に示すようにマイクロガスタービンの上流に SOFC を組み合わせたものである。この SOFC は、マイクロガスタービン燃焼器の上流の高圧部に設置され、900℃の高温で作動することから、オールセラミックス製の堅牢な構造体である円筒形 SOFC を開発し採用している。なお、排ガス系統に排熱回収設備を設置することで、蒸気、温水を同時に供給するコージェネレーションシステムとすることが可能である。

*1 原動機事業本部新エネルギー事業推進部 主幹プロジェクト統括

*2 原動機事業本部新エネルギー事業推進部 課長 工博

*3 原動機事業本部新エネルギー事業推進部 主席

*4 原動機事業本部新エネルギー事業推進部 工博

*5 原動機事業本部新エネルギー事業推進部

*6 技術統括本部長崎研究所

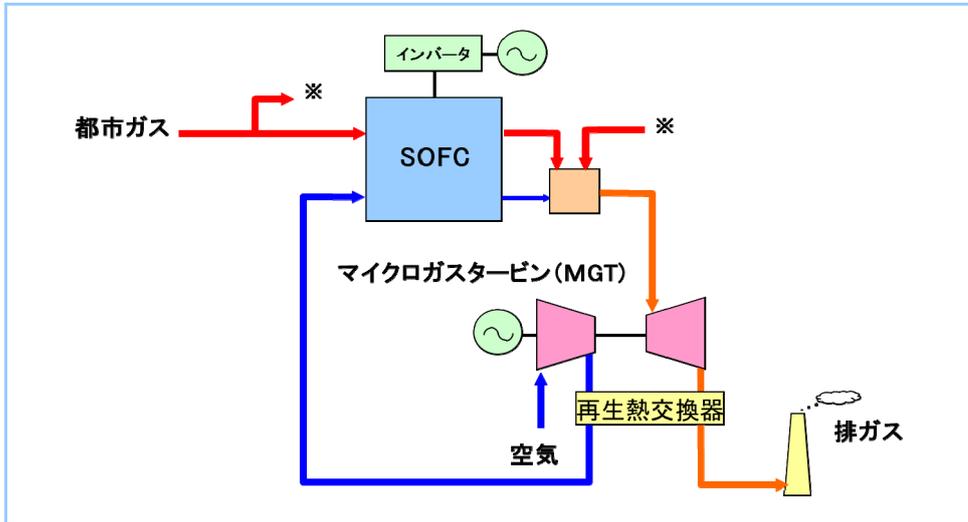


図1 ハイブリッドシステムの系統

3. 最近の開発状況

3.1 円筒形 SOFC の構成

円筒形 SOFC の発電要素であるセルスタックの構造を図2に示す。高強度のセラミックス製の構造部材である基体管の外表面に、発電反応を行う素子(燃料極/電解質/空気極の積層体)を形成し、電子導電性セラミックスのインターコネクタで素子間を直列に接続している。これによりセルスタックは低電流で高電圧の電気出力を効率よく取り出すことができる。

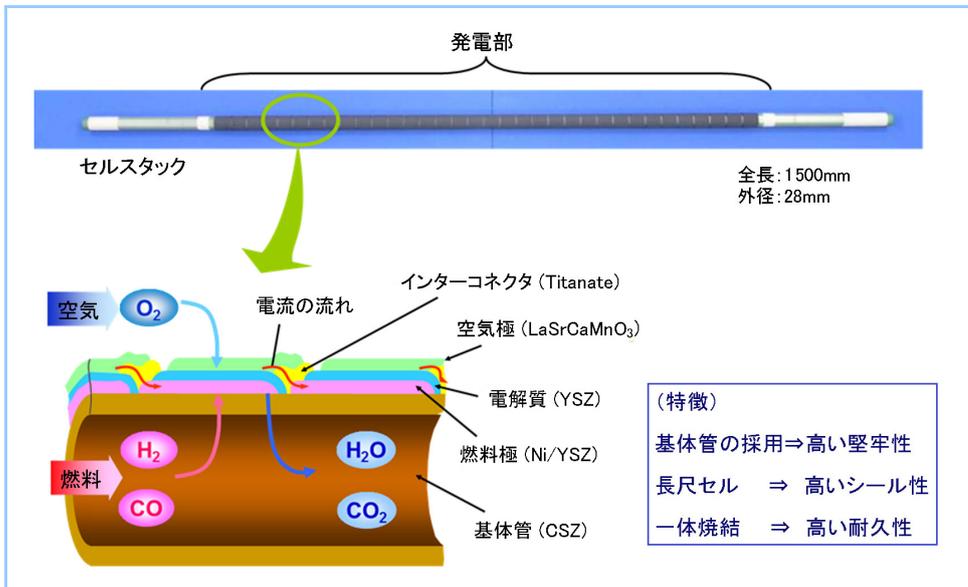


図2 セルスタックの構造

このセルスタックを束ねて 15kW～33kW の電気出力とし、支持部材、燃料・空気の供給／排出、電流の取り出しの機能を持たせてカートリッジを構成している。カートリッジを必要な容量だけまとめて圧力容器の中に入れたものがモジュールである。このような階層構造を採ることで、据付けやメンテナンス性まで考慮したシステム化を狙っている。そして、この SOFC の加圧モジュールとガスタービンを組み合わせることによって、SOFC ハイブリッドシステムを実現している(図3)。

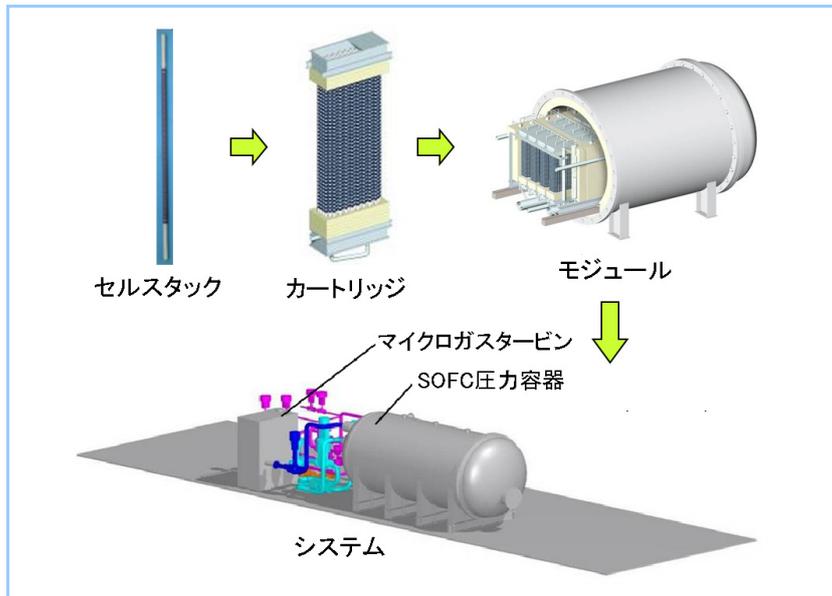


図3 モジュール・システム構造

3.2 円筒形 SOFC の開発

2008 年度から、NEDO 開発プロジェクトでセルスタック、モジュール、複合発電システムに対してそれぞれの信頼性向上とシステムの運転制御技術の開発に取り組んだ。

セルスタックでは、耐久性向上のため当社の円筒形セルスタックの経時変化を“耐久性・信頼性向上”プロジェクトにて分析・考察した結果を反映し、経時変化の主要因と考えられる空気極中間層部での陽イオン移動の抑制を図っている。本セルスタックにて、常圧、7,000 時間以上の連続発電試験を実施し、経時的な電圧の低下が無い(NEDO 目標 0.25%/1,000 時間以下に対して劣化率ゼロ)、画期的な耐久性を確認した(図4)。

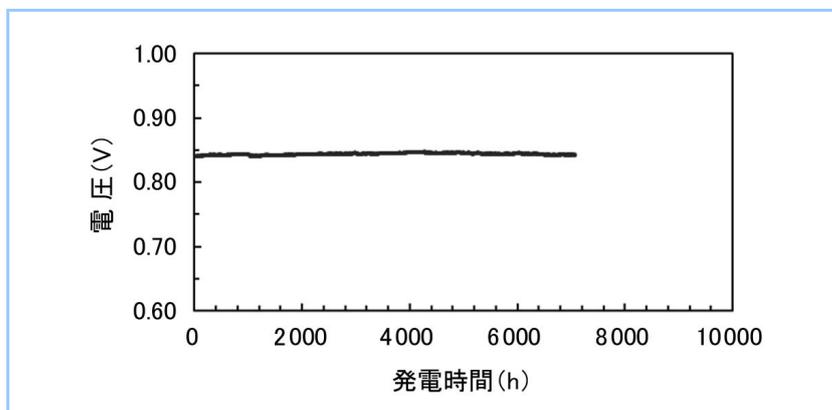


図4 セルスタック連続発電試験

一方、当社では、これまで独自に高性能のセルスタックの開発を行ってきた。従来 06 式と称するセルスタックの素子数が 48 であったのに対し、10 式と称するセルスタックでは素子数を 85 まで増加させた。かつインターコネクタの組成の最適化、空気極中間層の調整等を行い、セルスタック当りの出力を 30% 向上させている。また、現在は更なる高性能化に取り組んでおり、15 式と称するセルスタックでは、空気極と電解質膜の中間層、空気極とインターコネクタの中間層の最適化、電解質の薄膜化、基体管の薄肉化等の対策を行い、10 式と比べ更に 50% の出力密度の向上を確認している(図5)。

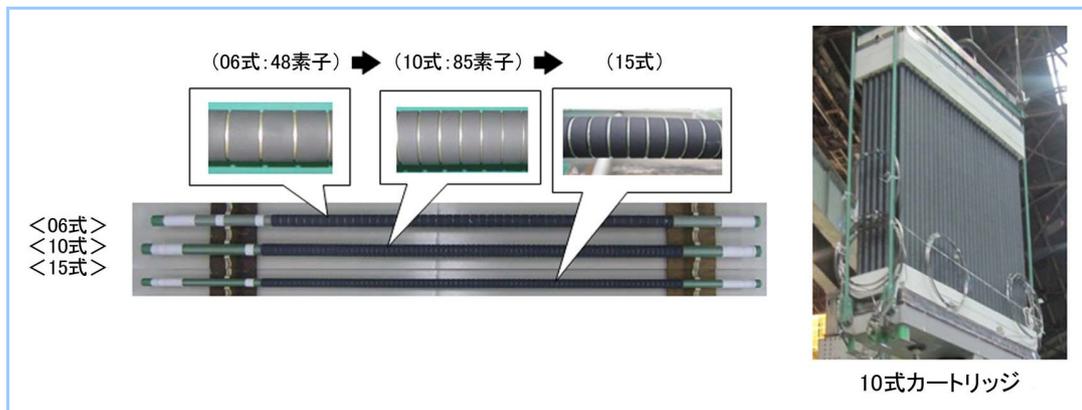


図5 高性能セルスタックの開発・カートリッジの密充填化

また、10 式カートリッジでは、体積当たりの出力密度を向上させるため、セルスタックの充填密度を06 式の2 倍に増したカートリッジを開発・実用化した。密充填化に伴い発熱密度が増加するが、カートリッジの伝熱・冷却設計を行い、伝熱特性を制御し発電部及び発電部前後での熱交換部で従来どおりの伝熱量を確保している。そして15 式カートリッジでは、セルスタックを小径長尺化することで、体積当たりの出力密度を更に大幅に増加させる計画である。

3.3 SOFC-MGT ハイブリッド実証機

これまでの成果を踏まえ、2011～2012 年度には、NEDO プロジェクトにて 250kW 級 SOFC-MGT ハイブリッド実証機の開発を行っている。SOFC 及び MGT の保護要件を満たした上で、複合発電システム全体を簡素化するための系統構成・配置を検討した。ハイブリッド実証機に採用の MGT には、(株)トヨタタービンアンドシステム製の商用 MGT をベースに、燃焼器の開発と改造を行い、円筒形 SOFC との連携運転試験を実施し、起動・定常運転・緊急停止操作等を行い問題のないことを確認した。

この実証機では先に述べた 10 式カートリッジを採用し、SOFC モジュールのコンパクト化を図った。06 式カートリッジを採用していた過去のパイロットシステムに対して、SOFC モジュール長さを大幅に短縮し、設置面積を半減することが可能となっている。なお、将来の商用システムとしては、15 式カートリッジを採用することにより、更なるコンパクト化を図る計画である(図6)。

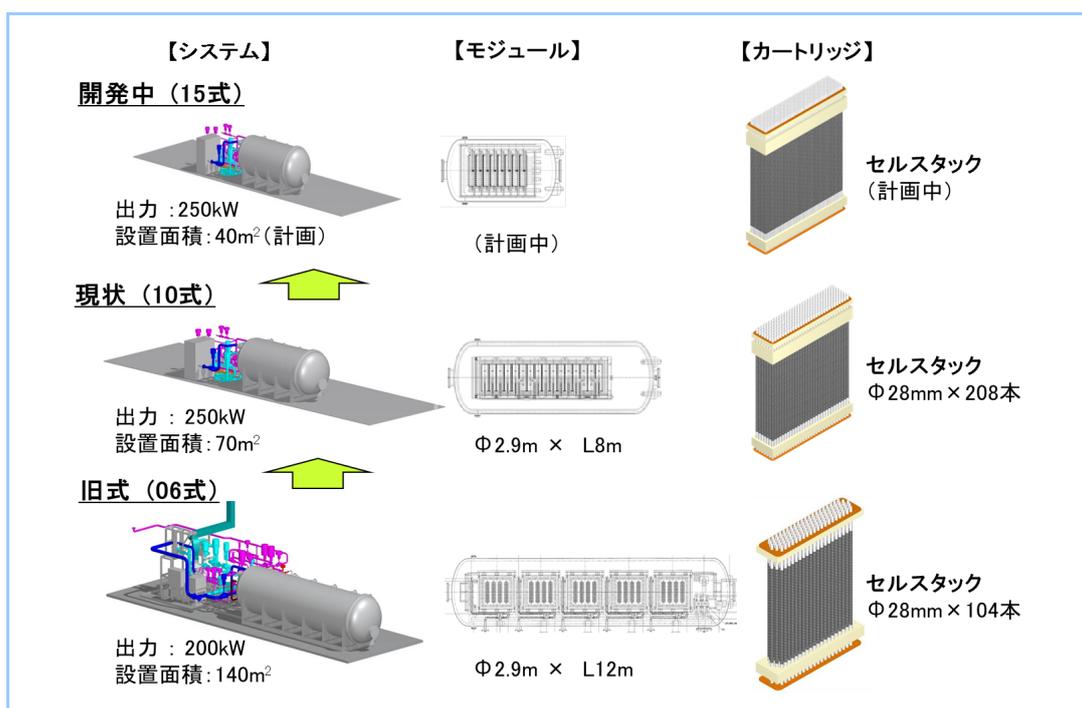


図6 システム、モジュール及びカートリッジの開発

SOFC-MGT ハイブリッド実証機は、現在、東京ガス(株)千住テクノステーションにてフィールド試験を実施中であり、2013 年度も引き続き NEDO 助成事業にて実証運転は継続しているが、計画停止の9月までには世界でも類を見ない4000時間超の連続運転を達成する見込みである。(図7)。その中で、システム長期安定性の検証、及び導入促進に向けた課題の抽出と検討を行っていく計画である。特に、現時点では SOFC-MGT ハイブリッドシステムは、常時監視を必要とする発電システムとして位置付けられているため、本格普及のためには常時監視の規制を見直す必要があると考えている。そのため、本助成事業にてシステムの信頼性・安全性の検討・検証を行い、規制緩和に資するデータの取得を行っていく計画である。

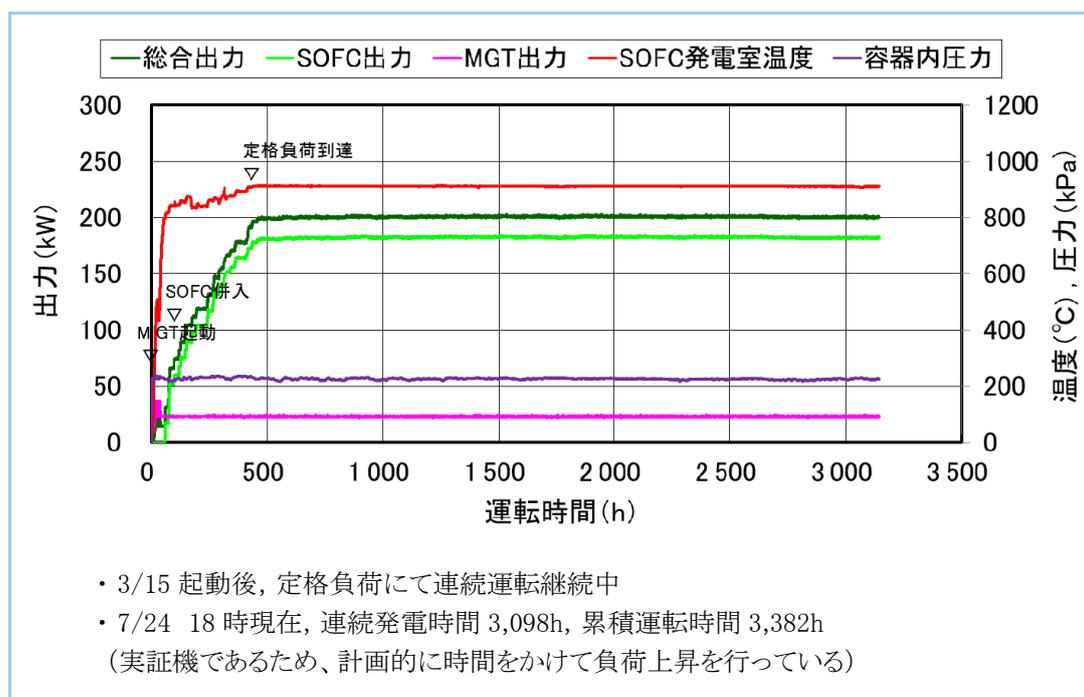


図7 システム長期耐久性検証試験

4. SOFC の実用化に向けて

分散電源用の数百 kW～MW 級高効率ハイブリッド発電システムについては、業務用や産業用途でのコージェネレーション設備として、高い発電効率に加えて静粛性や環境性等の優れた特徴を活かし、東京ガス(株)千住テクノステーションでのフィールド実証試験に引き続き2015年には一般市場へ提供して、お客様の評価を受けていきたい。

5. まとめ

CO₂ 排出量削減と電力の安定供給を両立させていくための実効性のある技術開発が急務となっている今日、化石燃料を利用した高効率発電システムの早期実用化に対する期待は大きい。当社では、ハイブリッドシステムをコージェネレーション市場における CO₂ 削減の切り札と位置付け、着実に技術を確認するとともに早期実用化を進め、“安全で持続可能なエネルギー環境社会”の構築に大きく貢献していきたいと考えている。