

# 燃料電池システム『MEGAMIE®』の市場導入状況と今後の取組みについて

Market Introduction Status of Fuel Cell System "MEGAMIE®" and Future Efforts



富田 和男\*<sup>1</sup>  
Kazuo Tomida

西浦 雅則\*<sup>1</sup>  
Masanori Nishiura

大澤 弘行\*<sup>1</sup>  
Hiroyuki Ozawa

水原 昌弘\*<sup>1</sup>  
Masahiro Mihara

山根 司\*<sup>1</sup>  
Tsukasa Yamane

眞竹 徳久\*<sup>2</sup>  
Nori-hisa Mataka

三菱パワー株式会社(以下、当社)では、2050年の脱炭素社会の実現に向け、高効率な発電が可能な固体酸化物形燃料電池(SOFC:Solid Oxide Fuel Cell)を適用したシステムの開発を進めている。SOFCとマイクロガスタービン(MGT:Micro Gas Turbine)のハイブリッドシステムでは、250kW級システムの実証を経て、市場導入を進めており、三菱地所株式会社丸の内ビルディング、株式会社安藤・間技術研究所(水素利活用)、アサヒビール株式会社茨城工場(バイオガス利活用)に続き、初の海外向けとなる独ガス・熱研究所(GWI:Gas- und Wärme-Institut Essen, e.V.)にも2021年度に納入する予定である。また、MGTを適用したMW級システムの開発も進めており、当該要素技術が大崎クールジェンプロジェクトの石炭ガス化燃料電池複合発電に反映し開発を進めている。更にMGTに代わりターボチャージャー(TC:Turbo Charger)を空気供給源とした改良型システムの開発も推進している。TCシステムではSOFCを2段に組み合わせたカスケードシステムを採用しており、部分負荷効率の向上が期待できる。2021年度に実証試験を行う予定である。

## 1. はじめに

地球温暖化を抑制し持続可能な地球環境を実現するため、各国が脱炭素化に向けたエネルギーシステムへの転換を急速に進める野心的な目標を設定すると共に、戦略的な産業政策として、脱炭素化を推進する動きが加速している。我が国においても2050年のカーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことが宣言された。脱炭素社会を実現するには、大規模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を安全性、供給安定性、経済性、環境性の何れもが成立するように導入し、適切なエネルギーミックスを確立する必要がある。エネルギーミックスの確立には、再生可能エネルギーの余剰電力を抑制することなく、P2G(Power to Gas)による水素への変換や、蓄電と組み合わせて運用すること、更には、CO<sub>2</sub>の回収・貯留技術としてCCS(Carbon dioxide Capture and Storage)や、回収・貯留したCO<sub>2</sub>を利用するCCUS(Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)を組み合わせることが有効である。また、地震のみでなく、近年の台風、集中豪雨等による災害の多発により電源セキュリティへの需要が高まっているため、BCP(Business Continuity Plan)・電力レジリエンスの確保も重要となる。

当社ではSOFCを適用した業務産業用燃料電池システム“MEGAMIE”の開発を進めている。SOFCは逆作動させることで、水蒸気を電解し水素を生成することも可能であり、脱炭素社会の実

\*1 三菱パワー株式会社GTCCビジネスユニット燃料電池事業室 主席チーム統括

\*2 総合研究所伝熱研究部 主席研究員

現に向けた有効なアプリケーションと位置付けている。現在、SOFC とマイクロガスタービン (MGT) のハイブリッドシステムである 250kW 級システムの市場導入を進めると共に、部分負荷効率が高くなるなど運用性の向上が期待できるターボチャージャー (TC) システムの開発を進めている。また、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) より、ガスタービン燃料電池複合発電 (GTFC: Gas Turbine Fuel Cell) の開発を受託し、当該要素技術は大崎クールジェンプロジェクト (OCG: Osaki CoolGen) の石炭ガス化燃料電池複合発電 (IGFC: Integrated coal Gasification Fuel cell Combined Cycle) に適用すべく開発を進めている。本報では、MEGAMIE の開発状況を紹介する。

## 2. MEGAMIE 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1に示す。セラミックス製の構造部材である基体管の外表面に、発電反応を行うセル (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各セル間を直列に接続している。このセルスタックを数百本束ねカートリッジを構成し、カートリッジを圧力容器の中に格納したものを SOFC モジュールと呼んでいる (図2)。図2に示すシステムは、SOFC、MGT や再循環ブロワ等から構成される。SOFC と MGT の2段階で発電し、更に排ガス系統に排熱回収装置を設置することで、蒸気、或いは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 (図3(A))。

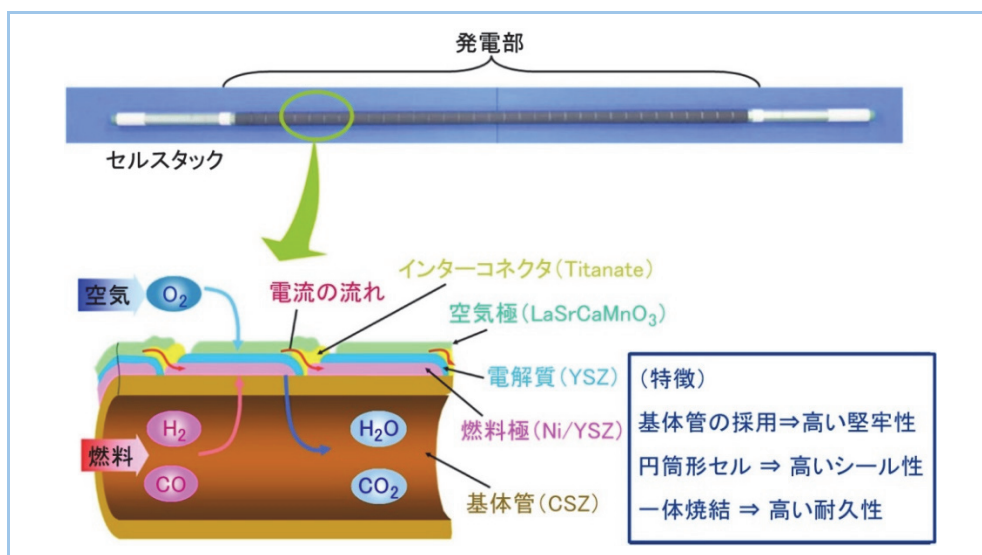


図1 セルスタックの構造

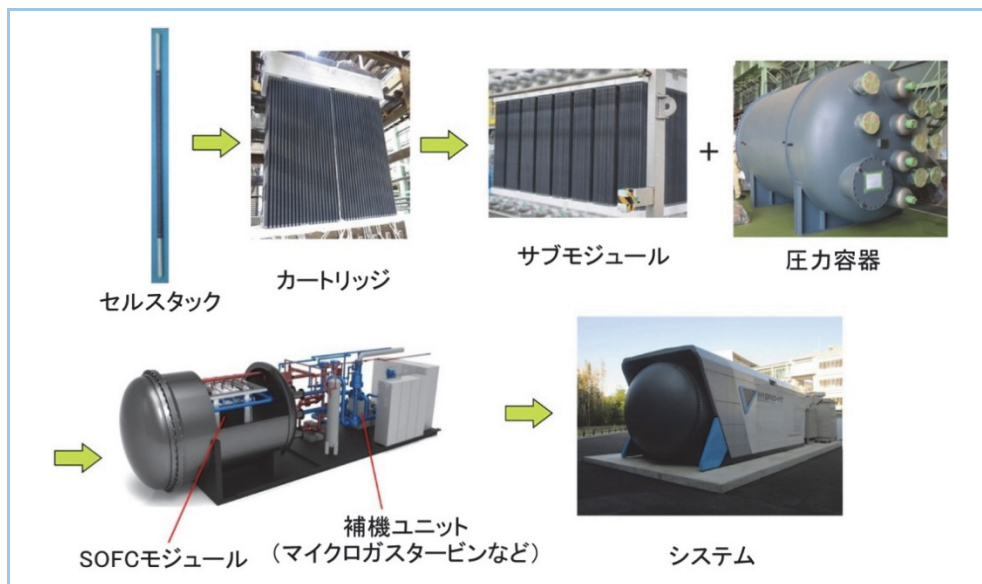


図2 ハイブリッドシステムの構成

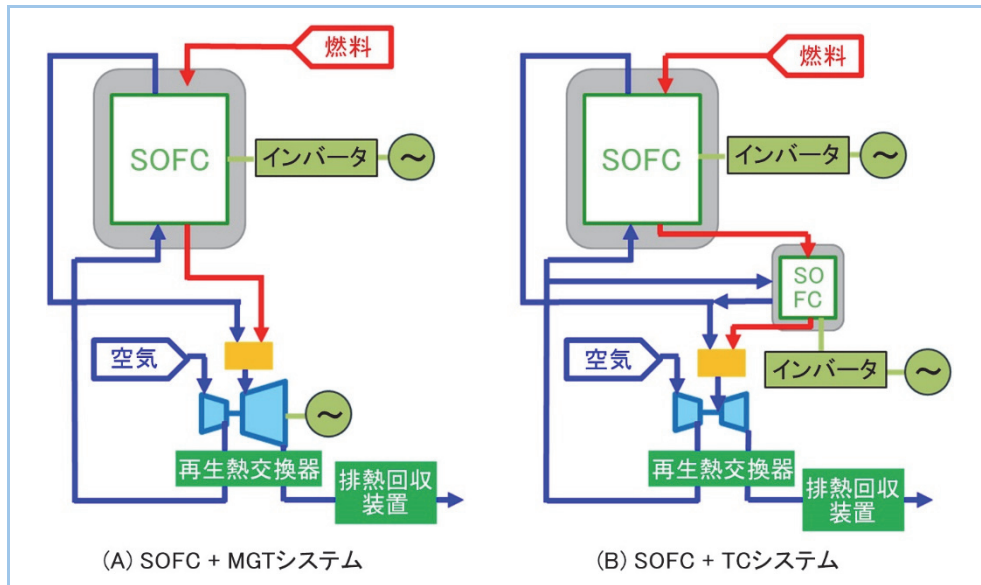


図3 MGTシステムとTCシステムの主系統比較

### 3. MEGAMIE の市場導入・取り組み状況

SOFC の本格普及に繋げる産学連携の推進を目的として、九州大学に設立された“次世代燃料電池産学連携研究センター(NEXT-FC)”において、グリーンアジア国際戦略総合特区“スマート燃料電池社会実証”に供するため、九州大学へ 250kW システムを導入後、2015 年度より NEDO 助成事業“固体酸化物形燃料電池を用いた業務用システムの技術実証”にて、実負荷環境での実証試験をトヨタ自動車株式会社・元町工場、日本特殊陶業株式会社・小牧工場、東京ガス株式会社・千住テクノステーション、大成建設株式会社・技術センターの4地点で実施した(図4)。なお、本助成事業は課題設定型で、各サイトにてそれぞれ次に示す主となる課題・検証項目を設定し、実証試験を行っている。トヨタ自動車は起動停止試験(1回/月)、日本特殊陶業は連続耐久試験、東京ガスは起動停止試験(1回/週で 31 回実施)、大成建設は自立運転機能検証試験(実施済)である。

実証事業の結果を受け、2017 年より 250kW 級機の市場投入を開始している。商用機第1号を三菱地所丸の内ビルディング、第二号を安藤・間技術研究所、第三号をアサヒビール茨城工場に納入した。安藤ハザマでは水素利活用、アサヒビールではバイオガス利活用の検討も行う。初の海外向けとなる独ガス・熱研究所(GWI)にも 2021 年度に納入する予定である。

図5に OCG プロジェクトの概要を示す。第1段階で石炭ガス化複合発電設備(IGCC)、第2段階で CO<sub>2</sub> 分離回収設備、第3段階で SOFC を設置し IGFC としての検証を行うプロジェクトである。第3段階に向け、電源開発株式会社が実施している NEDO 研究開発“燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究”用に、2017 年度に電源開発若松研究所に 250kW 級機を納め、石炭ガス化ガス燃料の水素リッチガスでの検証試験を実施した。また 2016 年度より、NEDO“ガスタービン燃料電池複合発電技術開発”を受託し、より大型のモジュール(出力 1MW 級、運転圧力 0.6MPa 級)の検証を当社長崎工場にて実施している。これらの要素技術開発を設計基礎データとして OCG 第3段階向けの SOFC を設計・製作中であり、2021 年度より据付工事を開始し、試運転調整後、石炭ガス化燃料・高圧化(目標 2MPa)の検証をしていく予定である。



図4 MEGAMIE の運転・計画状況

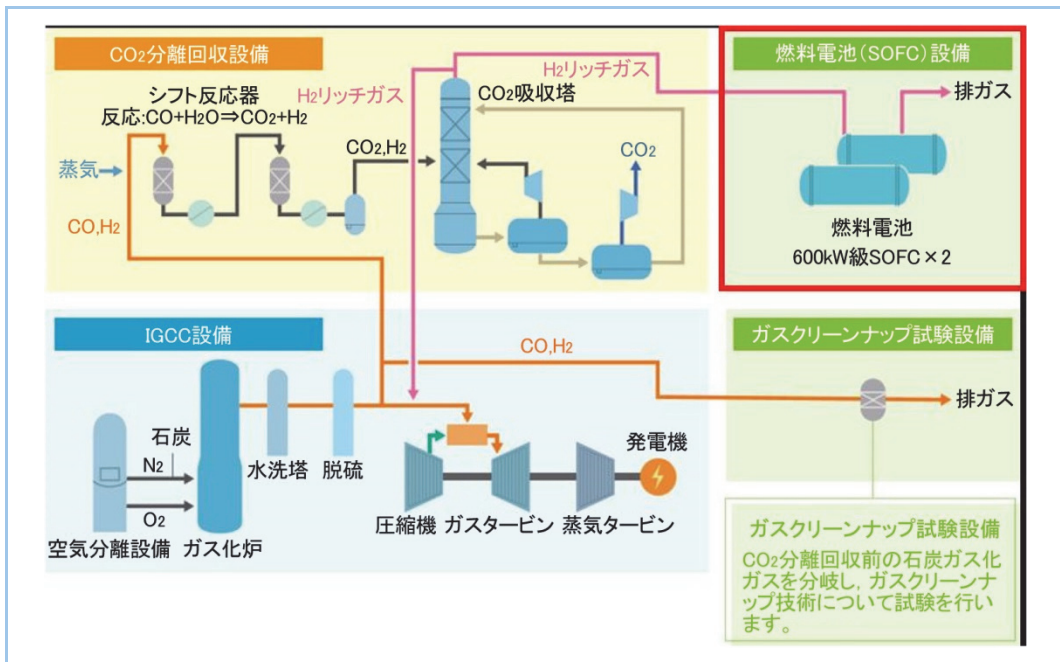


図5 大崎クールジャンププロジェクト(第1段階, 第2段階, 第3段階)の概要

#### 4. 改良型 MEGAMIE システムの開発状況

現在開発を進めている SOFC と TC を組み合わせたシステムと、従来の SOFC と MGT を組み合わせたシステムの系統比較を図3に示す。SOFC-MGT システムでは SOFC の発電で使用され希釈された燃料と空気を MGT 燃焼器で燃焼し、MGT を作動させるハイブリッドシステムとしていたが、SOFC-TC システム(図3(B))では、SOFC モジュールで希釈された燃料を、後段に設置された SOFC モジュールで発電するカスケードシステムを採用している。上段の SOFC をトッピングモジュール、後段をボトミングモジュールと称している。SOFC-TC システムでは、効率の高い燃料電池での発電に燃料を供することから、効率の向上が期待できること、加えて部分負荷での空気量を可変にできることから、部分負荷の効率向上も見込める。さらに、タービン入口燃焼器の低温化が可能になることから水素はじめ燃料の多様化への適用拡大が容易になると期待できる。

運用面では、TC を起動するための起動用空気ブロワとの制御性、部分負荷での運用性を検証し、起動・停止および定格・部分負荷運転での制御性を適正化していく必要がある。このため、**図6**に示す SOFC-TC システム実証機を長崎工場に設置した。輸送性も考慮し、トッピングモジュール2基、ボトムングモジュール1基と補機ユニットから構成されている。補機ユニットは燃料再循環ブロワ、TC、起動用ブロワ等から構成されている。2020 年度にトッピングモジュール1基とボトムングモジュールに SOFC を装填し、ハーフモジュールシステムでの検証試験を実施した。改良型 MEGAMIE には日本特殊陶業と共同で開発を進めているセルスタックを適用しており、2021 年度は残すトッピングモジュール1基に更に性能を高めたセルスタックを装填し、フルモジュールシステムでの検証を行う計画である。今後、1MW 級実機とした場合の商品性を見据えたシステム仕様を検討し、市場投入していく予定である。



図6 MGT を適用した 1MW 級ハーフモジュール実証機の外観

## 5. まとめ

SOFC は逆作動させることで、電解によって水素や CO 等を製造する SOEC (固体酸化物形電解セル: Solid Oxide Electrolysis Cell) へ応用することもできる魅力的な技術である。このため三菱パワーでは、2050 年のカーボンニュートラル、脱炭素化の実現に向け、過渡期を含めて CO<sub>2</sub> 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として、SOFC を適用・応用したアプリケーションを切り札と位置付けている。

SOFC-MGT ハイブリッドシステムに関しては、250kW 級機は九州大学、NEDO 実証事業を経て、2017 年度より、市場投入を開始している。また、2016 年度から 250kW 級機を大容量化した MW 級の SOFC-MGT 機の開発・検証を進めており、そこで培われた要素技術を石炭ガス化燃料の適用を検証する OCG 向けの SOFC に反映し開発を進めている。

更には、運用性の向上を高めるため TC システムの開発を進めており、2021 年度にフルモジュールでのシステム試験を行い、起動・停止特性、定格運転、部分負荷運転特性、保護システム等、運用性を検証する予定である。この実証試験で着実に技術を確認するとともに商品性を高めた上で市場投入を図り、“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。

(謝辞)

本報は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の共同研究等の成果を含んでおり、関係各位に謝意を表します。また、御指導、御助言を賜っております経済産業省、環境省、国土交通省、東京都をはじめとする関係省庁や行政機関、並びに開発・検証に御指導、御助言を頂いております大学、研究機関、電力会社、ガス事業者、メーカー等、全ての関係各位に、この場を借りて深く感謝申し上げます。

## 参考文献

---

- (1) 安藤喜昌ほか, SOFC-マイクロガスタービン(MGT)ハイブリッドシステム九州大学向け実証機の運転状況 Vol.52 No.4 (2015) p.48~53
- (2) 入江弘毅ほか, SOFC-MGT ハイブリッドシステムの市場導入に向けた取り組みについて Vol.54 No.3 (2017) p.86~89