

広負荷範囲における SOFC 発電システムの高効率運用方法と特性

キーワード：固体酸化物形燃料電池，高効率，広負荷範囲，
熱授受，ガスタービン

報告書番号： 12004

背景

固体酸化物形燃料電池（SOFC）は負荷応答性が優れることに加え、広い出力範囲で発電効率が高いという特徴を有するが、SOFC 入口温度、出口温度、および、入/出口間温度差（ T ）に制約条件がある。より高効率を指向して SOFC とガスタービンを組み合わせた SOFC-GT システムでは、SOFC へ供給可能な空気量の調整幅に制限が生じ、負荷変化の際、SOFC 出力の調整幅は限定される。そのため、SOFC-GT システム運用のためには、運転可能な負荷範囲と発電効率を明らかにする必要がある。

目的

SOFC の高効率運転に必要な条件下で SOFC-GT システムの性能解析を行い、出力範囲と発電効率の関係を明らかにする。

主な成果

SOFC とガスタービンの通常の組み合わせと、供給空気流量の調整幅に裕度のある 2 つのシステム（図 1、表 1）について、SOFC の高効率運転に必要な温度条件を設定した（温度条件は図 1 ケース 0 中に記載）。システムの基準出力を約 32,500kW として発電出力と発電効率の関係を解析し、以下の結果を得た。

- 1．SOFC モジュール^{注1)}とガスタービンの通常の組合せ（ケース 0）では、最低出力は SOFC 入口温度下限から決まり、最大出力はガスタービン圧縮機の空気量から制約されることが分かった。そのため、システム出力範囲は約 13,000-37,000kW となり、基準出力点を極大効率として発電効率は約 50～54%となった（図 2 ケース 0）。
- 2．ガスタービンから空気圧縮機を分離して変圧運転とし、SOFC に必要な空気を空気圧縮機の回転数により調整するシステム（ケース 1）では、低出力時に空気の供給量と供給温度が低下する。その結果、最低出力は T の上限により制限され、システム出力範囲は基準出力以下の約 17,000-32,500kW となり、基準出力点を最高効率として発電効率は約 48～54%となった（図 2 ケース 1）。
- 3．ケース 2 では、基準出力時の電流密度で運用する定電流モジュールに、広い電流密度範囲で運用する可変電流モジュールを専用の空気圧縮機^{注2)}と共に併設し、モジュール間の熱授受効果を利用するシステムとした。この場合、可変電流モジュールが低負荷時でも、専用空気圧縮機の流量調整により発電効率は高くなった。本システムにおいて、さらに定電流モジュールの出力も可変とすれば、出力範囲は約 13,000～46,000kW、発電効率は 51～54%となり、検討したケースで最も広い出力範囲と高い発電効率を得られた（図 2 ケース 2）。

今後の展開

SOFC モジュール内の温度と運転条件の関係を検討し、SOFC-GT システムの利用法に適したシステム構成と運用方法を提案していく。

注 1) SOFC 周りの高温機器の集合体 注 2) 空気圧縮機は圧力バッファータンクの設置を伴う。

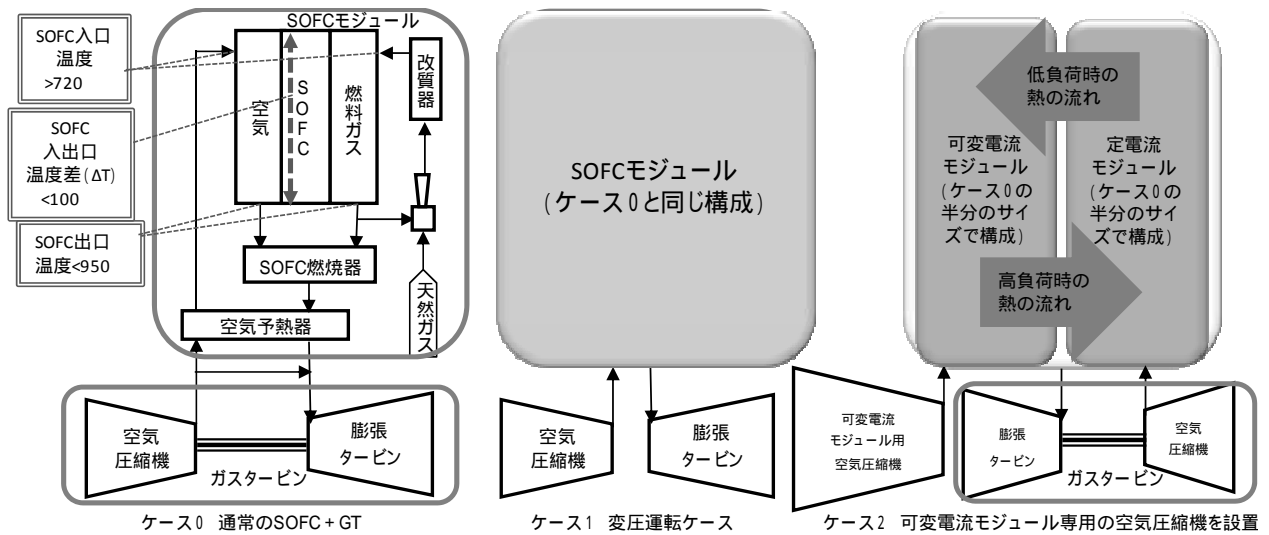


図1 検討を行ったSOFC-GTシステム構成概念図と高効率発電に必要な運転温度条件

表1 システム構成と運用上の特徴

ケース	システム構成	システムの特徴	運用上の特徴	基準出力条件
0	SOFCモジュール + ガスタービン	<ul style="list-style-type: none"> 低負荷時のSOFCモジュール余剰空気用に、空気圧縮機から膨張タービンへのバイパス系統あり 高負荷時の空気量調整にIGVを備える 	<ul style="list-style-type: none"> SOFCモジュール全体で負荷変化 低負荷時に一部空気は膨張タービンにバイパス 基準出力でIGV全閉、高負荷時にIGV開度増し 	基準出力 32,500kW
1	SOFCモジュール + 空気圧縮機 + 膨張タービン	<ul style="list-style-type: none"> ガスタービンを膨張タービンと空気圧縮機に分離 空気圧縮機から膨張タービンへの空気バイパス系統なし IGVなし 	<ul style="list-style-type: none"> SOFCモジュール全体で負荷変化 空気圧縮機の回転数変更(変圧運転)により空気流量を調整 	電流密度 3,500A/m ² 運転圧力 1.2MPaA
2	SOFCモジュール + ガスタービン + 空気圧縮機	<ul style="list-style-type: none"> 定電流モジュール用の空気はガスタービンの空気圧縮機から供給 可変電流モジュール専用の空気圧縮機を設置 	<ul style="list-style-type: none"> 定電流モジュールは主に一定負荷運転 可変電流モジュールにて主に負荷変化 	

IGV: ガスタービン入口案内翼 (Inlet Guide Vane)

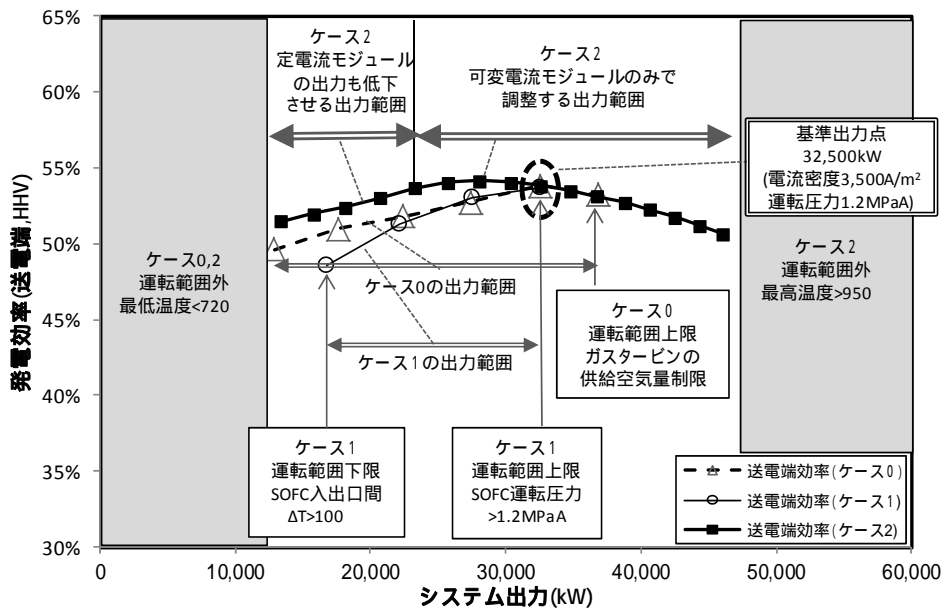


図2 各ケースの熱効率解析結果

研究担当者	吉葉 史彦 (エネルギー技術研究所 エネルギー変換領域)
問い合わせ先	電力中央研究所 エネルギー技術研究所 研究管理担当スタッフ Tel. 046-856-2121(代) E-mail : eerl-rr-ml@criepi.denken.or.jp

報告書の本冊(PDF版)は電中研ホームページ <http://criepi.denken.or.jp/> よりダウンロード可能です。