

# 超高効率 MCFC-GT ハイブリッドシステムの提案

## 背景

火力発電の効率化は現在将来ともに重要な課題であり、これまでも多方面で様々な高効率発電システムが提案されているが、特定の機器を中心に据えた検討が多く、評価が困難な場合が多い。そこで、構成要素機器の特徴や熱効率向上方を整理した上で発電システムの構築を図ることが必要と考えられる。

## 目的

様々な発電システムの中でも特に効率化が期待されている燃料電池とガスタービンのハイブリッドシステムについて、燃料電池とガスタービンの特徴を活かした高効率かつ実現性のあるシステムを考案する。さらに、その熱効率解析を実施するとともに、一層の効率化に向けた検討課題と実用化に向けた開発課題を整理する。

## 主な成果

### (1) MCFC-GT ハイブリッドシステム<sup>注1</sup>の提案

ガスタービンと燃料電池それぞれの特徴(表 1)と、発電システムの熱効率向上方策(表 2)を整理した上で、図 1 に示すように実用的な運転条件における単セル電圧が最も高く加圧運転も容易な MCFC を高性能な燃焼タービンと組み合わせたシステムの構築を試みた。システムからの熱損失を最小化するとともに MCFC 供給ガス組成をできる限り理想的な組成<sup>注2</sup>に近づけるため、理論当量比の燃料と酸素のみを供給するクロード構成のシステム(図 2)を考案した。本システムは効率化だけでなく二酸化炭素回収への対応など多くのメリットが期待できる。

### (2) MCFC-GT ハイブリッドシステムの熱効率解析と課題の整理

上記システムについて表 3 に示す条件のもとで熱効率解析を行った結果、表 4 に示すように発電端効率 74~78%(HHV)と画期的な高効率を達成可能であることを明らかにした。さらに、空気に代えて酸素を用いることで MCFC 出力密度の大幅な向上による低コスト化も期待できる。

さらに、熱効率解析結果をもとに効率化方策と開発課題について検討を加え、高 CO<sub>2</sub> 分圧下における寿命延伸など要素機器の開発課題とさらなる効率化方策を表 5 に示すように整理した。

## 今後の展開

さらなる効率化を目指したシステムの検討を進めると同時に、本システムの実現に向けた開発ステップを検討し、より早期実現が可能な小型システムの検討を行う。

注 1) PCT 国際特許出願済み (PCT/JP2005/19008)

注 2) MCFC カソードガス組成を CO<sub>2</sub>:O<sub>2</sub>=2:1 とすると、反応により CO<sub>2</sub> と O<sub>2</sub> が消費されても濃度が変わらないため、高い出力電圧を得ることができる。この組成のガスをノーブルガスと呼ぶ。

表1 燃料電池とガスタービンの特徴

燃料電池	ガスタービン
反応成分の濃度が高いほど 高効率	低カロリーガスでもTITが同 じならば同じ効率
比出力が小さい コスト高	比出力が大きい コスト低

表2 熱効率向上方策

排ガス損失の 低減	<ul style="list-style-type: none"> <li>排ガス量の低減</li> <li>排ガス温度の低減</li> </ul>
復水損失の低 減	<ul style="list-style-type: none"> <li>蒸気系の高効率化</li> <li>蒸気系回収熱量の低減</li> </ul>

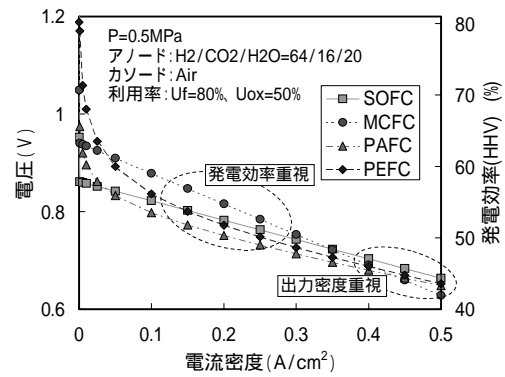


図1 各種燃料電池の出力電圧の比較  
(出典: 電中研レビューNo.51)

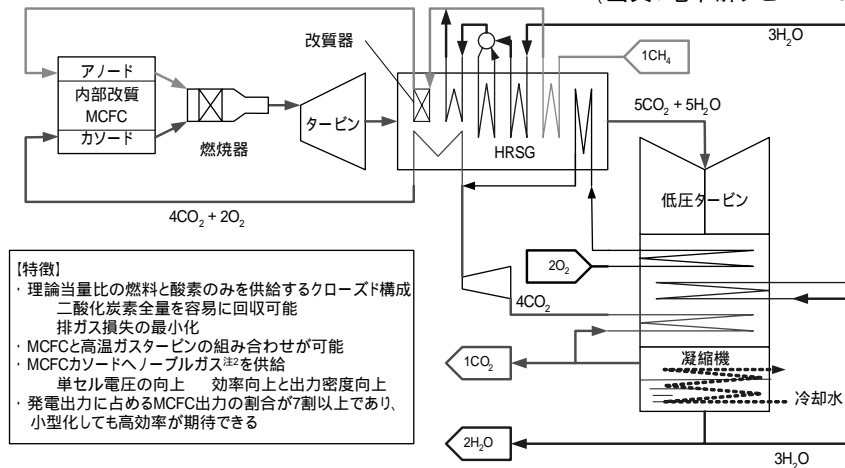


図2 MCFC - GT ハイブリッドシステムの構成と特徴

表3 熱効率解析条件

項目	単位	case1	case2
タービン断熱効率	%	92.0	
圧縮機断熱効率	%	87.0	
インバータ効率	%	98.0	
燃料および供給量	mol/s	純メタン 500	
酸素製造動力	kW/Nm³	0.42	
S/C	-	3.0	2.0
MCFC 電流密度	mA/m²	300	250

表4 熱効率解析結果概要

項目	単位	case1	case2
TIT(ISO 基準)		1307	1205
MCFC 燃料利用率	%	68.4	77.0
MCFC 出力(AC)	MW	236.5	271.9
GT 発電機出力	MW	92.4	74.3
出力合計(発電端)	MW	328.9	346.2
発電端効率(HHV)	%	73.9	77.8
送電端効率(HHV)	%	65.7	69.6
MCFC 出力密度	kW/m²	2.7	2.3

表5 熱効率向上方策と開発課題

熱効率向上方策	<ul style="list-style-type: none"> <li>蒸気発生器など排熱回収系の最適設計</li> <li>低圧タービン出口の真空化</li> </ul>
開発課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>高CO<sub>2</sub>分圧下でのMCFCの寿命延伸</li> <li>起動停止および負荷変化方法</li> </ul>

研究報告 M04010	キーワード: 熔融炭酸塩形燃料電池発電、ガスタービン、ハイブリッドシステム、 熱効率、二酸化炭素回収
担当者	幸田 栄一 (エネルギー技術研究所・システム熱工学領域)
連絡先	(財)電力中央研究所 エネルギー技術研究所 Tel. 046-856-2121(代) E-mail: eerl-rr-ml@criepi.denken.or.jp