

# 熔融炭酸塩型燃料電池－ガスタービンハイブリッドシステムの動特性

名古屋大学 エコトピア科学研究機構エネルギー科学研究部門

小林敬幸、岩嶋伸行

## 背景及び目的

近年におけるエネルギー問題から分散型電源が注目されている。本研究では高効率低環境負荷発電技術として熔融炭酸塩型燃料電池（以下 MCFC）と、その廃熱でマイクロガスタービン（以下 MGT）を駆動する 350kW 級 MCFC-MGT ハイブリッドシステムを提案する。本研究では MCFC-MGT ハイブリッドシステムの安定運転条件を得ることを目的としている。昨年度、システムの定常解析を終了した。本年度はシステムの非定常解析から以下の検討を行い、システムの安定運転条件を得ることを目標とする。

### I. 負荷変動に対するシステム挙動の予想と制御方法の解明

### II. スタートアップ、シャットダウン時のシステム制御

### III. 故障時のシステム制御

## 提案システム

提案したシステムを Figure1 に示す。提案システムは MCFC 本体、改質器、触媒燃焼器、マイクロガスタービン、燃料及び空気供給ブロワー、熱交換器等からなる。燃料として都市ガス 13A を供給し、改質器で水蒸気改質を行い、MCFC のアノードに水素、一酸化炭素を供給し、エネルギーを得るシステムである。

アノードから出る未燃ガス、排ガスは触媒燃焼器に供給され、再度燃焼させ、カソードに二酸化炭素リッチガスとして供給すると共に改質器に必要な熱源として用いる。MCFC のカソードの廃熱はマイクロガスタービンに供給され発電が行われる。

定格運転時で MCFC は 350kW、MGT は 125kW の出力が得られる。

## Visual Modeler への適用

Figure1 に示した MCFC-MGT ハイブリッドシステムの非定常解析を行うにあたり、非定常解析ソフト Visual Modeler（以下 VM）を用いて仮想プラントの設計を行った。Figure2 に提案システムを VM に適用した場合のプロセスフロー図を示す。VM のユニットモデルにない MCFC 及び燃料改質器、触媒燃焼器について C 言語でモデル化を行いプラントユニットに組み込む事とした。

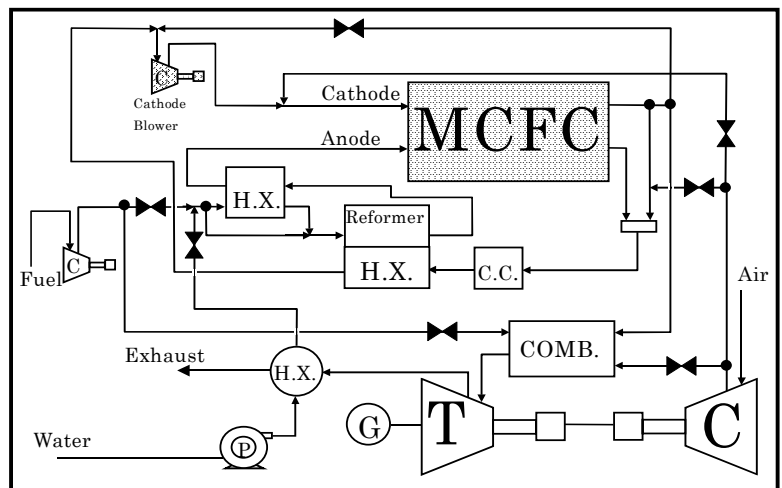


Figure1 Flow diagram of MCFC-MGT hybrid cogeneration

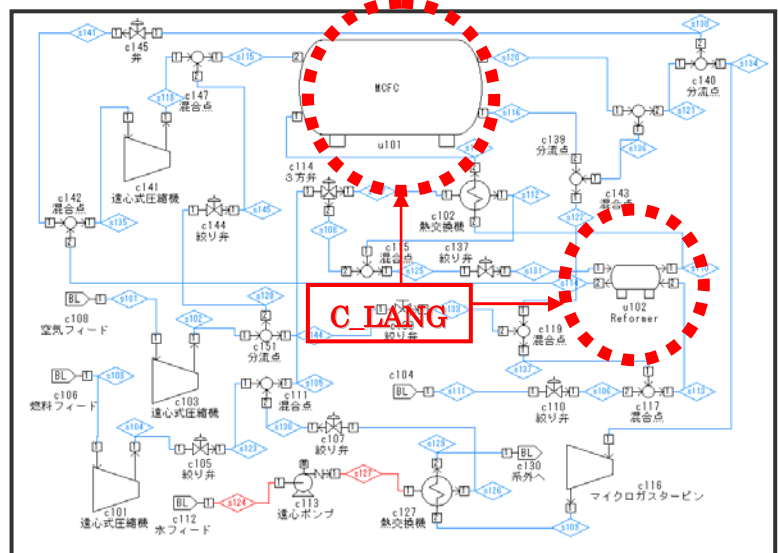


Figure2 Process flow of MCFC-MGT hybrid cogeneration

## MCFC 装置内熱応力に対する解析結果と考察

MCFCは運転温度が650℃程度の高温に達するため熱応力が装置に与える負荷が大きな問題となっている。そこで今回はMCFCの熱挙動に着目した検討を行った。VMを用い定格運転時の定常解析から以下の結果が得られた。

定格運転時のMCFC本体における温度の上昇傾向をFigure3に示した。さらにFigure4に燃料流れ方向のMCFC温度上昇としてFigure3を燃料の流れ方向の距離で微分したものを示した。Figure5はFigure4をさらに燃料流れ方向の距離で微分し温度上昇の加速度、つまり装置にかかる熱応力の度合いを示したものである。

Figure3からシステムが定常状態においてはアノード温度、カソード温度ともに単調に増加することが示された。

Figure4からカソード温度上昇勾配は単調に増加し、出口付近で大きくなるという結果が得られた。アノードはMCFC入り口付近の温度上昇が大きく中盤で一定量での増加、出口付近で大きく増加するという傾向が示された。Figure5から熱応力がMCFC装置の中心と比べ出口付近では4から8倍程度熱応力が大きくなる事が予想できた。

さらにアノードとカソードの温度上昇挙動に大きな違いが見られ、その違いはアノード流量がカソード流量の15分の1である事、セル内の成分変化が大きく違う事に依存する。定常運転時のカソードの成分はMCFC本体を通して変化は少ないが、アノードは水素の消費と水、二酸化炭素の増加が著しくなっている。よって、ガス温度はそれらの比熱に大きく左右されて温度上昇勾配がFigure4、Figure5のような挙動を示すと考えられる。さらにアノードモルあたりのエンタルピーの小さい水素が減少し、エンタルピーの大きい水、二酸化炭素が増加したためMCFC出口付近で温度上昇が大きくなったと思われる。

以上からMCFC装置内の熱応力には燃料の化学変化が大きく起因しており、燃料流量、改質成分の制御が熱応力減少に有効であることが示唆された。

### まとめと今後の課題

- MCFC、改質器、触媒燃焼器の各モジュールを作成し、VMに組み込む事ができた。これにより熱応力等の時間変動を予測する事が可能となった。
- 今後は負荷変動や起動・停止時の発電システム操作安定性について、本動的解析を用いて検討を進める。

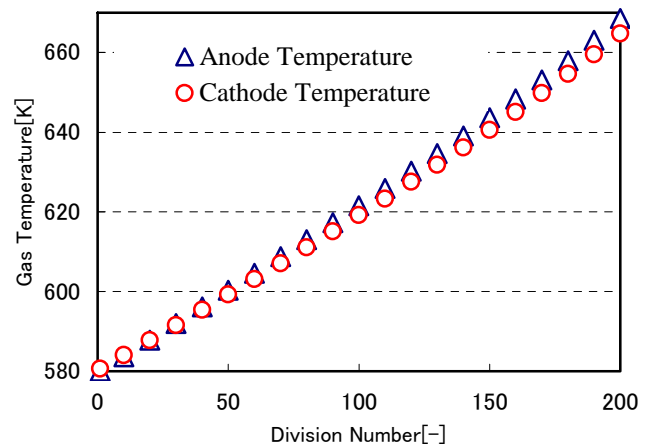


Figure3 Gas temperature in MCFC system

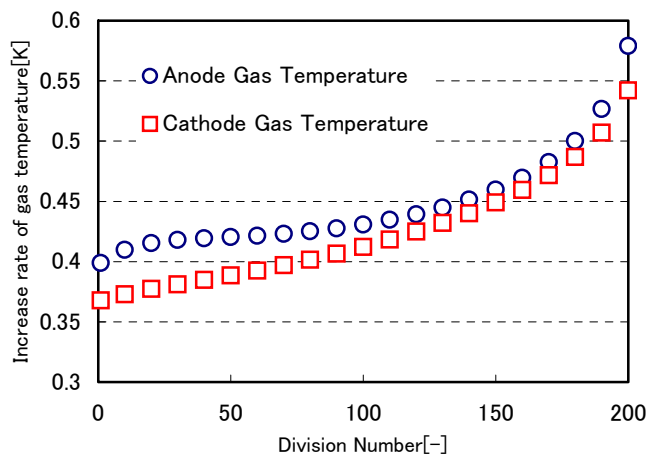


Figure4 Gas temperature increase rate

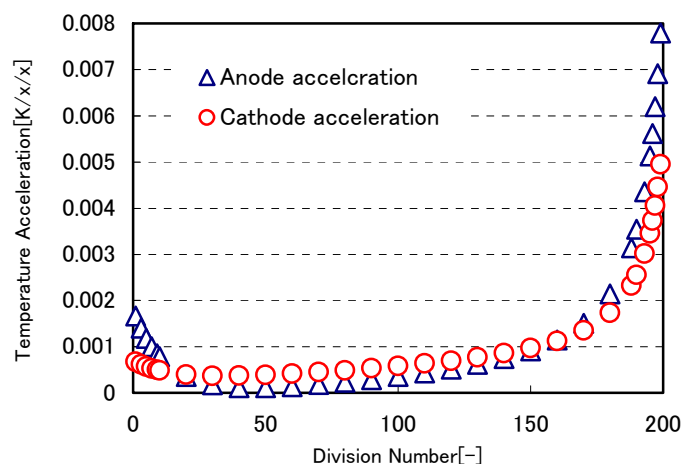


Figure5 Gas temperature increase acceleration