

# 固体酸化物型燃料電池発電システムの最短起動操作法

川原村 敏幸

固体酸化物型燃料電池発電システムを対象に、運転上の様々な制約条件の下で常温から発電開始温度まで電池を昇温するための動的最適プロファイルの導出を試みた。その結果、操作制約から決まる理論最短起動時間に近い時間でシステムを起動できる操作プロファイルの導出に成功した。

## 1. 緒言

固体酸化物型燃料電池(SOFC)発電システムは、最大発電効率が約65%と高く、また発電温度が約1000と高温であるため高温廃熱を利用した発電システムへの適用が期待される。しかしながら、電池材料としてセラミックスが用いられているため、運転時の急激な温度変化や膜内の局所的な温度勾配によって発電膜が破損してしまうという問題がある。頻繁な起動・停止動作、出力変動が要求されるSOFC発電システム実用化のためには操作上の制約を考慮した動的最適プロファイルの導出が必要不可欠である。そこで本研究では、運転上の制約を満たす最短起動プロファイルの導出を試みた。

## 2. 対象プロセス

対象としたSOFC発電システムの基本構成をFig. 1に示す。定常運転時には主燃料メタン(MF)および主空気(MA)を原料として、SOFCにおける電池反応と主燃焼器における燃焼反応により、電気および高温の蒸気を得られる。一方、起動時にはMFとMAの他に補助燃料メタン(SF)および補助空気(SA)を用いてシステムを発電可能な温度まで昇温する。本研究では、MF、MAを定常状態で必要となる流量で一定値とし、所定の発電温度に達するまでのSF、SAの動的最適操作プロファイルを導出した。なお、装置上の制約として、燃料電池膜の温度上昇速度、電池両極温度差、電池入出温度差に上限値が決められている。

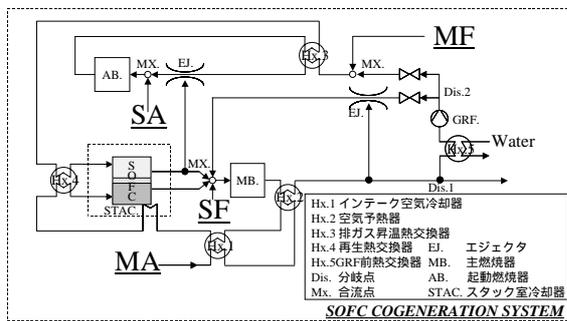


Fig. 1 SOFC 発電システム

## 3. 動的最適化手法

SOFC 発電システムは、Fig. 1 に示すように電池本体、燃焼器 2 器、熱交換器 5 器から構成され、各流れは廃熱回収のために複雑に熱交換されている。そこで、まずプロセスの動的挙動を表すシミュレータを構築した。動的最適化計算では、最適

化変数を複数の区分毎に一定とすることで離散化し、構築した動的モデルと非線形計画手法を用いることで最適な操作プロファイルの導出を行った。動的シミュレータおよび最適化計算には、PSEnterprise 社の gPROMS™ を用いた。

## 4. 結果と考察

比較のために操作変数を一定として SOFC を起動したときの計算結果を Fig. 2 に示す。ただし、グラフ中の各変数値はスケーリングされている。

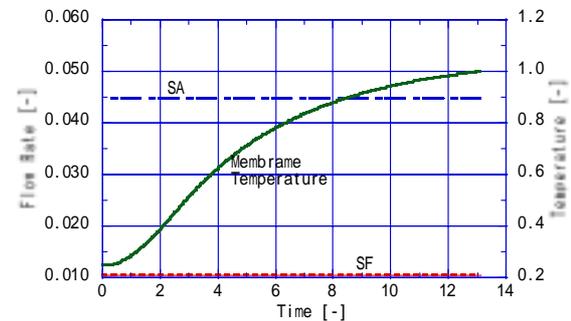


Fig. 2 操作変数を一定としたときの計算結果

次に、SF、SA を時間の関数として最適化計算したときの結果を Fig. 3 に示す。グラフから、動的最適プロファイルによって、制約を満たしつつ理論最短起動時間 (=1) に近い時間で、SOFC 発電システムを起動できることが分かる。

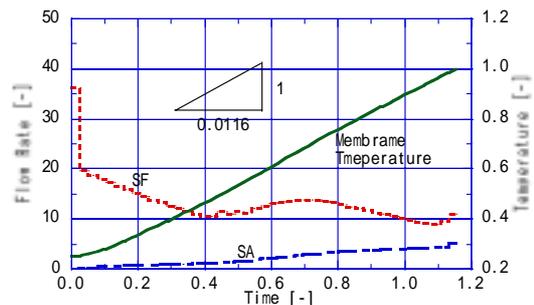


Fig. 3 最適操作プロファイルの計算結果

## 5. 結論

各種操作制約条件の下で、SOFC 発電システムの起動時間を最短とする動的最適プロファイルを導出した結果、現在の装置構造においても理論最短起動時間に近い操作時間で装置の起動が可能であることがわかった。今後、装置構造を変えることで、操作上の制約を満たしながら理論最短起動時間により近いシステム的设计を行いたい。

指導教官名

印