

ガスタービン・高温燃料電池複合
サイクル機関の性能解析

An Analysis of Cycle Performance of a
Combined Gas Turbine and Solid Oxide Fuel Cell

野村 雅宣、川越 陽一
平成元年10月

第4回ガスタービン秋季講演会講演論文集

ガスタービンとジルコニア固体電解質燃料電池(SOFC)との複合サイクル機関について性能解析を行い、定常運転時の全体性能を求めた。

ガスタービンとしては1/LP/E型を対象とした。即ち、空気圧縮機を通過した圧縮空気は、再生熱交換器で低圧タービン出口の排熱を回収して昇温される。次いで燃焼器においてさらに昇温されてSOFCに入る。水素は同様に水素圧縮機で加圧されてSOFCに至る。水素流量の85%が電池反応によって発電に供され、残りの15%は燃焼器で燃焼して圧縮空気の加熱に供される構造である。SOFCの放熱および燃焼器における燃焼熱で高温となった燃焼ガスは、高圧タービンで膨張して圧縮機を駆動し、低圧タービンで出力を発生する。

計算はSOFCの作動温度並びに出口ガス温度を1000℃一定として行った。空気はSOFCの電池反応に必要な酸素を供給する一方、SOFCの加熱又は冷却用として使用する。従って、SOFCの作動温度を一定に保持するためには、電流密度の変化と共に空気過剰率を大幅に変化させなければならないことが明らかとなった。空気過剰率の変化幅は圧力比が高くなると小さくなる。この傾向はタービン出口ガス温度の低下の影響でSOFC入口温度が低くなり、相対的に少量の空気流量でも所要の冷却が可能となることに基づく。空気過剰率を一定として圧力比の影響を調べると、熱効率は圧力比の上昇につれて、僅かに減少することがわかった。出力と電流密度は、圧力比が7.4付近までは上昇するが最大値に至り、これ以上の圧力比で運転しても、出力と電流密度はあがらないこと等が明らかとなった。

ガスタービン燃焼器内流れの
数値シミュレーション(第2報)

Numerical Simulation of Flows
in a Gas Turbine Combustor(2nd Report)

青木 修一
平成元年10月

日本機械学会山梨地方講演会講演概要集

ガスタービンの性能向上には燃焼器での高負荷燃焼が不可欠であり、これを実現し良好な温度場をもつ燃焼器を設計開発するにはその流れ場を十分把握する必要がある。この第一歩として燃焼を伴わない燃焼器内流れ場を数値的に調べた。本報告ではこれをモデル化し旋回環状噴流に対し中心噴流を正と逆に旋回させた時の拘束同軸噴流を与えて数値解析した。

定常軸対称等温旋回流場とし、時間平均化したN-S方程式、連続の式、標準の $k-\epsilon$ 乱流モデルを用いた。これらの式をコントロール・ボリューム法、中心差分と風上差分のハイブリッド差分スキームを用い離散化した。差分格子にはスタッガード格子、計算格子には不当間隔格子を用いた。得られた差分式はSIMPLEと線順緩和法を用いて解した。壁近傍格子点と壁面のつなぎにRodiの境界層形壁関数を用いた。バッフルは階段状に近似した。

計算した燃焼器は長さ338mm、内筒系116mmであり、スワラ軸流速は52.4 m/s、噴射弁は150 m/s一定の20℃空気とした。スワラの羽根角は0、30°、45°、噴射弁は-45°、0、30°、45°で一定、剛体旋回羽根の場合を計算した。内筒径基準レイノルズ数 3.4×10^4 である。燃焼は中心部再循環領域中で行なわれ、この領域は保炎、NO_xの生成等に大きな影響を与えるので重要である。

計算結果は環状噴流に対して正、逆に旋回する中心噴流を与えたときに閉じた2重円錐面で構成された中心部再循環領域には影響を与えるが、角部再循環領域にはほとんど影響を与えないことが分かった。また、中心噴流に環状噴流と逆の旋回を与えると、両噴流間の流れに正と逆の旋回差による強いせん断力が働き、拡散形燃焼器では燃料と空気の混合が促進されることが考えられる。