

小型ウェーブロータにおける漏れ損失抑制に関する研究

学生証番号 47-156085 氏名 藤下 彰将
(指導教員 岡本 光司 准教授)

Key Words : Wave Rotor, Shock Wave, Micro Propulsion, Leakage Flow

小型発電装置や小型航空機の推進機関として小型ガスタービンへの注目が集まっているが、スケール効果や相対的な熱損失の増加などにより高効率の達成は難しい。そこで、ウェーブロータをガスタービンサイクルへ組み込み、効率を改善させることが期待されている。ウェーブロータとは、チューブ状流路（セル）を円筒状に並べたロータセルと、流体を給排気するためのポートからなっており、ロータ軸によりロータセルが回転することにより高圧ガスと低压空気がセル内に交互に給気され、内部に発生する衝撃波や膨張波の非定常運動を用いて低压空気の圧縮及び高圧ガスの膨張を行う流体機械である。ウェーブロータをガスタービンサイクルの燃焼器前後に組み込み、燃焼ガスと燃焼前の空気との間で圧力及び熱の交換を行うことで、サイクル効率の改善を図ることが期待されている。

出力数kWクラスの高圧ガスタービンへの搭載を前提とした小型ウェーブロータ実験機では、回転部分であるロータと各ポートを擁するエンドウォールとの間のクリアランス部からの漏れ損失の大きさが課題となってきた。そこで、本研究では漏れ損失の影響を極力抑制できるようなロータセル及び装置を新たに設計しその効果を確認すること、及び漏れ損失がウェーブロータの作動に与える影響について知見を得ることを目的とし研究を行った。

本研究で用いる実験装置では、高圧給気(Gas-HP)ポートにスクリーコンプレッサにより圧縮空気を供給することで高圧燃焼ガスの供給を模擬し、各ポートの圧力を調整することでウェーブロータの作動を模擬している。

過去の研究より、漏れ損失にはクリアランス部分の距離とセル高さの比が大きく影響するとされている。これまで用いられてきた実験装置では、装置の構造上ロータ軸がエンドウォールに対して傾いてしまうことにより、設定したクリアランス目標値よりも実際のクリアランス距離が大きくなってしまったり、セル高さが低いことが問題であると考えられた。そこで、新たに製作した装置では、ロータ軸の傾きを極力抑制しクリアランス精度を改善すること、及びセル高さを高くすることで漏れ損失の抑制を図った。

新たに製作したロータにおいて漏れ損失の抑制が達成されたかを確認するため、改善前の装置を用いて過去に行われた実験と各ポートの圧力を同一にした状態での実験を行った。その結果、給気流量合計に対する漏れ流量の割合は、同程度のクリアランス距離において大幅に減少したことが確認された。漏れ流量とクリアランス距離に関する考察から、新たに製作した装置ではセル高さを高くしたこと、及びクリアランス精度の改善の両方が漏れ損失抑制に寄与したことが確認された。また、漏れ損失の抑制は、高圧排気(Air-HP)及び低压排気(Gas-LP)流量の増加につながった。Air-HP解放前及びGas-LP解放前のセル端の非定常圧力の測定結果の考察から、Air-HP流量の増加は、Air-HPとロータセル端面間のクリアランス部において漏れ流量が抑制されたことによるものであり、その結果セル内圧力が高く保持されることでGas-LP流量の増加につながったことが示唆された。

新たに製作したロータにおいてクリアランス精度が改善されたことから、給気側、排気側それぞれのクリアランス距離の変化の影響についても実験を行った。その結果、給気側クリアランスの増加は、Gas-HP付近の漏れ流量増加によりGas-HP流量の増加へ寄与し、その他のポートやセル内部の状態にはあまり影響しないことが確認された。また、排気側クリアランスの増加は、Air-HP付近の漏れ流量増加によりAir-HP流量が低下し、セル内圧力が低下することでGas-LP流量が低下、さらに低压給気(Air-LP)流量の低下へとつながることが確認された。