

ウェーブロータの給排気状態が作動に与える 影響に関する研究

学生証番号 47-126071 氏名 川端 洋輔
(指導教員 岡本 光司 准教授)

Key Words : Wave Rotor, Unsteady Flow, Shock Wave, Internal Flow, Fluid Machinery

近年、さまざまな機械の小型化が進んでおり、これはガスタービンも例外ではない。しかし、小型ガスタービンの効率は大型のものに比べて依然として低いのが現状である。これは、ガスタービンの熱効率が主にサイクル最高温度と全体圧力比に依存しており、小型化に伴うスケール効果により十分な圧力比を達成することが難しいことや装置全体の中での相対的な熱損失の増加などが原因である。

このような問題を解決する方法の一つとしてウェーブロータを既存のガスタービンに組み込む方法がある。ウェーブロータとは、内部に発生する衝撃波の非定常伝播を利用して空気を圧縮する流体機械であり、その作動特性上、従来のターボ機械に比べて小型化による影響を受けづらいと考えられる。そのため、小型ガスタービンにウェーブロータを搭載することで効率を改善できる可能性がある。しかし、未だウェーブロータのガスタービン搭載は実現しておらず、様々な問題があることが実情である。

これまでの研究において、実験と数値解析におけるポート流量の差異や漏れ流量が大きいことが確認されており、原因として、ポート内流れの不均一性によるセル流入条件の影響やクリアランスの影響が懸念されている。

そこで本研究では、セル流入条件と給排気両側のクリアランスがウェーブロータの作動に与える影響を明らかにし、知見を得ることを目的とした。

本研究では4-Port Through Flow Typeのウェーブロータを用いた。ロータ半径23.5mm、セル長さ69mm、セル数30本のロータを用いた。また、ロータ回転数は18000rpmとし、高圧給排気ポートは0.30MPa、低圧給排気ポートは大気開放として実験を行った。

セル流入条件がウェーブロータの作動に与える影響に関して次のような議論を行った。はじめに、セルへ流体が均一に流入するポートと不均一に流入するポートとの2つのポートを用いて実験を行った。これらのポートはウェーブロータに高圧空気を供給するGas-HPポートに適用された。実験により、それぞれのポートを用いた場合について計測した各ポート流量や非定常圧力を比較した。さらに、1次元解析によりセル内部の流れ場を解き、実験では計測できないセル内部の流れ場を可視化した。1次元解析ではセル両端の境界条件によりポートの開閉を模擬し、境界条件の値は実験値を用いた。各ポートを用いた場合の計算結果を用いて、セル内の各物理量や衝撃波の伝播速度などを比較した。実験および1次元解析の両面からアプローチすることにより、次のようなことが明らかとなった。第一に、Gas-HPポートからセルへの不均一流入がある場合は均一流入の場合に比べ、対面のAir-HPポート（高圧排気ポート）へと大きく影響し、Air-HPポート流量の低下といった形で顕著に不均一流入の影響が現れた。さらに、セルへの不均一流入がある場合は、反射衝撃波の伝播速度の上昇およびGas-HPポート閉鎖時に発生する膨張波前後の圧力比の低下が引き起こされることが明らかとなった。

また、給排気両側のクリアランスがウェーブロータの作動に与える影響に関しては、給気側、排気側の一方のクリアランスを50, 100, 150, 200 μ mと変化させ、他方を50 μ mに固定し実験を行った。各ポート流量や非定常圧力値を計測し、次のような結果が得られた。給気側クリアランスについては、高圧給気ポートと低圧給排気ポートの流量に影響し、高圧排気ポートへの影響は現れなかった。一方、排気側クリアランスについては、高圧排気ポートのみにその影響が大きく現れ、その他のポートにはほとんど影響が現れないことが明らかとなった。