

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2013年3月修了 修士論文要旨

論文題目

- 遠心型ウェーブロータの内部流動に関する数値解析-

学生証番号 47116074 氏名 大楽 到
(指導教員 岡本 光司 准教授)

Key Words : Radial wave rotor, Shock wave, Unsteady flows, CFD

ウェーブロータは圧力波の非定常伝播を用いて燃焼ガスと空気の間で効率的にエネルギー交換を行う流体機械である。このウェーブロータの一種であるウェーブエンジンは、セルにキャンバーを持たせることでトルクを発生させ、ロータ自身で軸出力を生み出すことが出来る。従来研究では、セルを回転軸に対して平行に配置する軸流型が主であったが、より多くのトルク発生に対する期待から、セルを回転軸に対して放射状に配置する円盤形状の遠心型ウェーブロータが提案された。遠心型と軸流型の違いとして挙げられるのは、セルの断面積変化と回転効果の作用方向であり、これらの影響により遠心型の圧力波伝播及び内部流動は軸流型とは異なることが考えられる。軸流型に関しては、従来研究により内部流動が十分に理解されているため、設計手法が解析モデルを含めて提案されているが、遠心型の内部流動に関する理解は未だに乏しく、その設計手法は確立されていないのが現状である。

そこで本研究では、遠心型ウェーブロータの設計指針を得るために、2次元数値解析により軸流型と遠心型の内部流動の比較を行い、遠心型の特徴であるセル断面積変化及び回転の効果が圧力波伝播を含む内部流動へ与える影響を明らかにすることを目的とする。

解析対象の遠心型を定めるにあたり、軸流型のAllison model 250用ウェーブロータを基準モデルとした。また遠心型は内径の値によって断面積の変化率が変わることになる。そこでセル断面積変化の有無及び変化率が圧力波伝播へ与える影響を明らかにするために、内外径比 R を計算パラメータとした解析を行い、以下の結論を得た。

衝撃波を用いる圧縮過程では、断面積が変化するセル内を衝撃波が伝播することで、衝撃波伝播速度及び衝撃波前後の圧力比が大きくなる。特にReflected shock waveの伝播速度は、断面積変化の影響を大きく受けることから、遠心型ではGas-HPが閉じるタイミングを軸流型よりも早める必要がある。また、回転の効果が圧力波伝播に与える影響は断面積変化の影響に比べて小さい。膨張波を用いる膨張過程では、セル断面積変化の影響により膨張波の強度が弱くなるため、セル内の圧力が十分低下するのに時間かかる。そのため遠心型ではAir-LPが開くタイミングを軸流型よりも遅くする必要がある。また内外径比が大きすぎると十分な流体膨張が行えず、加えて遠心力の作用により流入空気量が減少するため、十分な空気吸い込みが困難となる可能性がある。以上より、断面積が変化する直線セルを有する遠心型ウェーブロータ内の圧力波伝播は断面積変化の影響を強く受ける。また遠心力の作用は低圧空気の吸い込みに影響を与える。従って、セル断面積変化と遠心力の作用をモデル化した準一次元解析によって設計することが可能であると考えられる。また、遠心型の内外径比には上限があり、その値は十分な空気吸い込みが可能かどうかにより決定する。