

# 超小型ガスタービン用遠心圧縮機の開発

## 1. はじめに

超小型ガスタービンは分散型電源や携帯用電源としての利用が期待されている。その開発は MIT: Massachusetts Institute of Technology (マサチューセッツ工科大学) で最初に試みられ、MIT グループによるマイクロターボの特許はこのタイプの機械への最初の挑戦としてよく知られている<sup>(1)</sup>。この超小型ガスタービンはアメリカ国内で DARPA: Defense Advanced Research Projects Agency ((米) 国防総省高等研究計画局) のサポートのもと、MIT を中心によって開発されており、パワーMEMS: Micro Electro Mechanical Systems (微小電気機械システム) と呼ばれている。その中で、圧縮機の主な設計仕様は、圧縮機羽根車直径 4 mm、圧力比は 4、設計回転数は 2 400 000rpm、そして出力は 10~100W である。

現在、アメリカでの研究に続いて、日本でも、超小型ガスタービンは製造工程を含め、実現の可能性について進行錯誤されてきているが、超小型であるため、いまだに一般的な設計手法は確立されていない。そのため、まず目標サイクル成立のために必要とされる各構成要素の性能が実現できるかを評価する必要がある。超小型ガスタービンの実現には、微小領域で安定燃焼できる燃焼器、高効率な圧縮機とタービン、空気軸受などの開発、再生熱交換器の開発とその使用によるサイクル効率の向上、高速回転発電機の開発などさまざまな課題を解決する必要があるが、出力を取り出し、サイクルを成立させるうえで、その最初に位置する圧縮機の効率向上は最も重要な課題である。

本報では超小型ガスタービン用遠心圧縮機の設計指針を確立することを目指し、本研究室で設計、製作および実験した事例を紹介する。

## 2. 設計および製作

本研究では、最終サイズの 10 倍モデルである羽根車直径 40mm および 5 倍モデルである羽根車直径 20mm の

遠心圧縮機を設計、製作した (図 1)。羽根車形状は二次元から準三次元、三次元と高度化するにつれて空力性能が向上するが、はるかに小型化された場合を想定し、二次元形状も検討した。

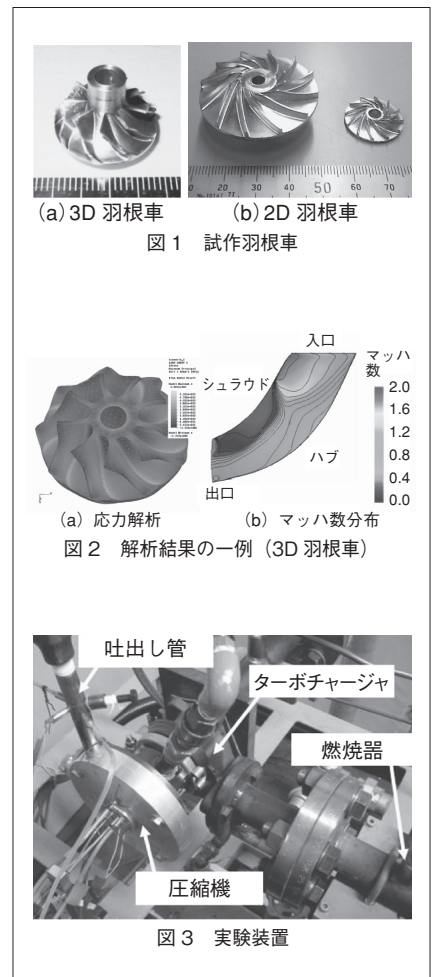
設計回転数における圧力比を 3 とし、一般的な小型遠心圧縮機の圧力比と周速度の関係を参考にすると<sup>(2)</sup>、圧力比 3 を達成するためには、約 450~500m/s の周速度が必要であると推定した。その結果、設計回転数は 10 倍モデルでは 220 000rpm、5 倍モデルは小型化の影響を考慮し 500 000rpm とした。図 2 に、設計回転数における応力解析結果と流動解析結果の一例を示す。この羽根車は設計回転数における遠心力に対して十分な強度を有していることを確認した。また、マッハ数分布を見ると負圧面シュラウド側には、はく離などにより非常に流れが複雑になっており、そのため羽根車効率も低くなることがわかった。

## 3. 実験装置および実験結果

性能試験では高速回転を得るために燃焼器を用いたテストスタンドを使用した (図 3)。試験における最高回転数は 10 倍モデルで 220 000rpm、5 倍モデルで 260 000rpm である。その結果、本研究で試作した圧縮機のように小型化した場合には、その性能特性は測定部下流の配管形状の影響を強く受けることが明らかになった。また、小型化によって、その性能特性には系全体の影響が強く現れるため、装置全体を含めた性能試験方法の検討が必要である。さらに、5 倍モデルの性能は寸法効果によって、とくに壁面摩擦損失の影響が 10 倍モデルに比べて大きく、周速度をあげても得られる全圧力比が上昇していないことがわかった。

## 4. おわりに

超小型遠心圧縮機の第一段階として本研究で実施した圧縮機は、最終寸法より大きい場合、性能曲線や解析に対して重大な問題は現れなかった。羽根車の寸法がさらに縮小されるにつれて、レイノルズ数は低下し、今まで知



られていなかった遷移などの重大な非定常問題に直面する可能性があり、さらに小型化したモデルの性能試験は必要であると考えられる。

本研究の次の開発段階における超小型ガスタービンおよび超小型遠心圧縮機を実現するための重要な課題は、羽根車を設計回転数で運転することである。このためにはエアベアリングの開発も平行して行わなければならない。

(原稿受付 2007 年 8 月 31 日)

[水木新平, 辻田星歩, 平野利幸 法政大学]

## ●文献

- (1) Epstein, A. H., ほか., Micro-Heat Engine, and Rocket Engines, -The MIT Microengine Project-, AIAA Paper, 97-1773 (1997).
- (2) 水木新平, 遠心圧縮機の空力技術の動向, 日本ガスタービン学会誌, 29-4 (2001), 40-45.