補助事業番号　2025M-366
補 助 事 業 名　2025年度　超小型ガスタービン用2段遠心圧縮機の技術開発　補助事業
補助事業者名　法政大学理工学部機械工学科流体機械研究室　平野利幸

1　研究の概要

超小型ガスタービンの実現には、微小領域での安定燃焼の実現、高効率なタービン、圧縮機、再生熱交換器の利用によるサイクル効率の向上、高速回転発電機および軸受の開発など様々な課題を解決する必要がある。その中で出力を取り出し、サイクルを成立させる上で、圧縮機の効率向上は重要な課題の一つである。

超小型遠心圧縮機を設計する上での重要な課題の一つに羽根車の高速回転があげられる。従来の超小型単段遠心圧縮機では高圧力比を得るためには、羽根車の高速回転が不可欠であるが、高速回転に伴い、羽根車と軸および軸受にかかる負荷は増大する。とくに軸受については、高速な設計回転数で運転することは従来の軸受では対応できない。一方、遠心圧縮機は段数を増やすと単段の遠心圧縮機に比べて低い回転数で高い圧力比を得ることができる。

そこで本研究では、2段の超小型遠心圧縮機を設計、製作し、内部流れを実験および数値解析の両方から調査し、回転数を抑え、単段の遠心圧縮機を使用した時と同じ圧力比を得ることができる超小型ガスタービン用2段遠心圧縮機の技術開発を行うとともに設計指針の確立を目指す。

2　研究の目的と背景

2段の超小型遠心圧縮機を設計、製作し、内部流れを実験および数値解析の両方から調査し、回転数を抑え、単段の遠心圧縮機を使用した時と同じ圧力比を得ることができる超小型ガスタービン用2段遠心圧縮機の技術開発を行った。また、小型化に伴い、粘性損失による効率の低下に加え、幾何公差にともなう圧縮機性能への影響を考慮した設計指針の確立を目指す。

3　研究内容

（1）超小型ガスタービン用2段遠心圧縮機の技術開発

① 超小型2段遠心圧縮機の設計

設計対象とする羽根車の直径は約20mm、羽根車形状は2段とも2次元、後方彎曲型とした。設計回転数は約300,000rpm、また、戻り流路における損失を抑えるために案内羽根を用いた流路を設計した。 設計した羽根車および仕様を図1および表1に示す。



図1　設計した羽根車

表1　羽根車の主な仕様

Inlet diameter [mm]	8
Exit diameter [mm]	20
Number of blades	15
Thickness of blades [mm]	0.5
Inlet blade height [mm]	3
Exit blade height [mm]	1.2
Inlet blade angle [deg.]	50
Exit blade angle [deg.]	30

② 性能試験装置の設計

性能試験装置は、JISの圧縮機および送風機の性能試験を参考に装置を設計した。図2に2段遠心圧縮機の概要と戻り流路に設置する案内羽根の3次元モデルを示す。

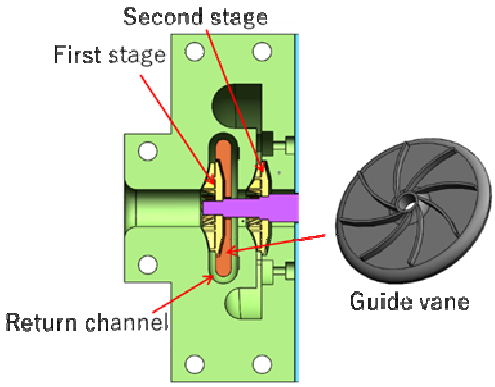


図2　2段遠心圧縮機の3次元モデル

③ 2段遠心圧縮機の製作

羽根車およびその他遠心圧縮機の複雑な形状の加工については加工機で製作し、その他の部品については、3次元プリンタ、光造形装置および機械加工で製作した。

④ 性能試験装置の製作

実験装置は本学にある実験設備等を利用して，必要に応じて装置および部品を加工し、試験装置を組み立てた。

⑤ 性能試験

圧縮機の駆動は、スクリューコンプレッサを空気源として用い、圧縮機の同軸上にあるタービンで行う。羽根車出口温度とディフューザ出口温度は熱伝対を用いて計測し、羽根車出口静圧、ディフューザ出口静圧などは圧力変換器によりそれぞれ測定した。

図3に回転数100,000 rpmおよび120,000 rpmにおける性能特性を示す。図の縦軸は、圧縮機出口下流10mmにおける全圧と大気圧による圧力比である。120,000 rpmにおいて1.5g/s以上の流量

において圧力比にばらつきが生じたが、それ以下の流量では回転数の増加とともに圧力比は増加した。

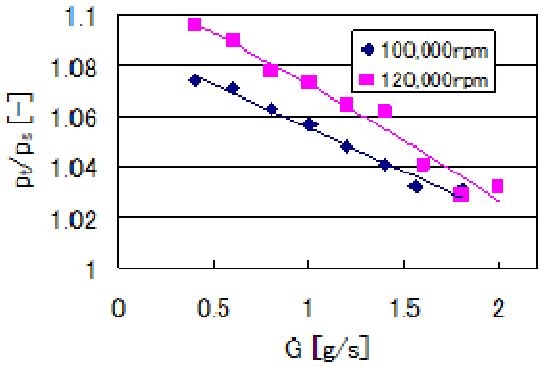
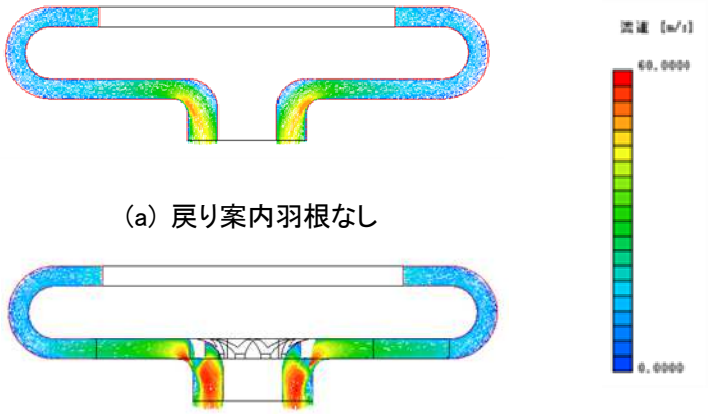


図3　性能特性

⑥　流体解析

図4に戻り流路および案内羽根の有無による影響を検討するために、数値解析で求めた戻り流路内の速度ベクトルの一例を示す。図より小型化に伴う戻り流路形状に対する制約があったため、2段目入口付近では案内羽根を設けた場合も設けていない場合のどちらも大きくはく離しており逆流域も現れた。案内羽根を設けることで，1段目羽根車出口から流れる圧縮空気は非常に強い旋回成分を持つため、案内羽根による整流効果が期待されるが、本解析結果から戻り流路から2段目羽根車入口に向かう90°に曲がるエルボ形状の改良が必要であることがわかった。



(a) 戻り案内羽根なし

(b)戻り案内羽根あり

図4　戻り流路内の速度ベクトル

4　本研究が実社会にどう活かされるか―展望

研究成果を踏まえ、2段遠心圧縮機のさらなる高回転数化を目指し、高速回転に耐えうる羽根

車の設計、羽根車性能の向上および戻り案内羽根を含むケーシングの改良を施すことによって、超小型2段遠心圧縮機の新たな設計指針の確立に向けてその成果が期待できると考える。今後も引き続き超小型2段遠心圧縮機の性能向上を模索しながら日々の研究に邁進していきたいと考えている。また、詳細に流れ場を解明するために流体解析の解析方法も引き続き検討しながら実験および数値解析の両方から設計システムの確立を目指していく。

5　教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでターボ機械の性能に関する研究において、送風機において、軸流ファン、遠心ファンなどを対象に性能試験および数値解析等を行ってきた。今回は新たな試みとして2段遠心圧縮機の性能向上に挑戦した。これまで培ってきた技術をベースに2段遠心圧縮機の実現可能性を探るために実験および数値解析から比較、検討することで有用な結果を得ることができたと考える。

6　本研究にかかわる知財・発表論文等

なし

7　補助事業に係る成果物

（1）補助事業により作成したもの

なし

（2）（1）以外で当事業において作成したもの

（国内学会予稿）

- 平野利幸，超小型ガスタービン用２段遠心圧縮機の性能に関する研究（戻り流路内の損失の検討），日本設計工学会　東海支部　令和7年度研究発表講演会.

8　事業内容についての問い合わせ先

所属機関名：法政大学（ホウセイダイガク）
住　　所：〒184-8584
東京都小金井市梶野町3-7-2
担 当 者：教授　平野利幸（ヒラノトシユキ）
担当部署：理工学部　機械工学科　流体機械研究室（リコウガクブ　キカイコウガッカリュウタイキカイケンキュウシツ）
E-mail：thirano@hosei.ac.jp
URL：https://fluidmachinelab.web.fc2.com/