

1. 緒言

近年,地球温暖化が騒がれ,低炭素社会実現に向け様々な研究が進められている.そんな低炭素で高効率の発電方法が求められている中,ガスタービン・コンバインドサイクル発電は熱効率が 60%以上あり,既存の発電設備では最も高い熱効率を実現している.ガスタービン発電は現代の社会に必要不可欠であり,今後最も注目される発電方法である.

しかしガスタービンは,普段我々の目に触れる機会がほとんどない為,一般的な認知度は低く,またガスタービンは高温,騒音,高速回転,構造が複雑などの要因により,一般の方だけでなく,理系学生の私たちにとっても身近な物ではない.

そこで本研究は小型で低温かつ簡単な構造のガスタービンの開発を目指す.

2. 圧縮機的设计,製作

2.1 ロータ的设计,製作

ロータ的设计において導出した式を以下に示す.

$$l_R = \frac{\Delta p}{\rho} \frac{4\pi}{\omega} \frac{1}{\sqrt{U^2 + (r\omega)^2}} \frac{1}{C_{LR}} \frac{1}{N_R} \quad (1)$$

$$\phi_R = \alpha + \tan^{-1} \frac{U}{r\omega} \quad (2)$$

ここで,ロータの翼弦長 l_R ,軸流速度 U ,半径 r ,圧力差 Δp ,空気の密度 ρ ,角速度 ω ,揚力係数 C_{LR} ,ブレード枚数 N_R ,取り付け角度 ϕ_R ,迎え角 α とする.

次に翼の選定について,一般的に低レイノルズ数領域において薄翼は翼性能が良いということが知られているので,薄翼の NACA4306 翼型を選択した.式(1),(2)と翼型座標データを基に翼厚を与え, CAD データを作成し,厚さ 50mm の発泡材を NC 加工機で切削したロータが図 1(表 1 の No.5)である.

他にも,翼性能を比較検討するため,様々な設計値の翼を製作した.以下にその概要を示す.

表 1 製作した翼の主な概要

No.	N	回転数	α	C_{LR}	ハブ軸長	ハブ径
1	4	3000	1.2	0.4	45.38	75
2	4	3000	1.2~4.2	0.4~0.6	33.54	75
3	7	3000	1.2	0.4	22.24	75
4	7	2200	1.2	0.4	41.25	75
5	7	2400	1.2	0.4	36.12	75

2.2 ステータ的设计,製作

ステータ的设计は,ロータより吐き出された循環 Γ が同じになるよう設計を行えば良い. Γ による誘導速度 V_θ を用いてステータの翼弦長 l_S と取り付け角度 ϕ_S を求める.式を以下に示す.

$$l_S = \frac{2}{r \cdot C_{LS}} \frac{N_R \cdot \Gamma_R}{\sqrt{U^2 + V_\theta^2}} \frac{1}{N_S}$$

$$\phi_S = \tan^{-1} \frac{U}{V_\theta}$$

ここで,ロータによる循環 Γ_R ,ステータの羽根枚数 N_S ,ステー

タの羽根の揚力係数 C_{LS} とする.

表 1 の No.5 に対して製作したステータを図 2 に示す.



図 1 切削したロータ



図 2 切削したステータ

3. 性能試験方法と内容

製作した翼の性能を比較検討するため,試験装置を製作した.本装置の概略を図 3 に示す.モータに直流安定化電源を接続し,電圧一定でモータを回す.

回転数はデジタルタコメータにて測定.回転数を合わせた後,風速計を使用し,各測定孔の風速を測定する.翼を指定回転数で回すために必要な電流値を記録する.

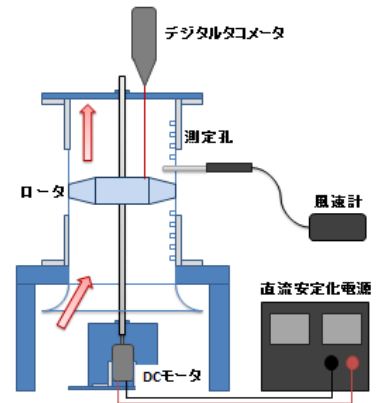


図 3 試験装置の概要

4. 試験結果および考察

試験結果としては,No.5 の翼が低い回転数で高い風速を出す,最も翼性能の良い翼であることが分かった.また,各翼の設計値から求めた半径に対する理論 Re 数を見ると,Re 数が高いと風速が高く,Re 数が低いと風速が低いというような直接的な関係性が無いことが分かった.

No.5 の翼は No.1~4 ロータの試験結果より考察を行い製作した,改良品である.その考察は,Re 数が 10^3 のオーダーでは,翼厚はなるべく薄い方が良いが,薄すぎると材料が発泡材のため回転時に翼が撓んでしまい設計値に近い風速を出すことが出来ない.そのため翼厚を調整する必要がある.また,翼前縁において層流剥離をしているのではないかと考え,翼前縁の形状を鋭角に変更することで,翼性能の良い翼を製作できると考えた.変更後の翼を NACA4306-T1 と名付けた.

ロータ開発の結果と考察としては,Re 数が 10^3 のオーダーでは翼の性能は翼前縁の形状に効いてくることが分かった.そのため,ブレードの断面が翼型である必要は無いのではないかと考えられる.また,Re 数の大小は翼性能に敏感に影響しないと考えられる.

改良を行い製作した No.5 の翼が,本研究における圧縮機ロータ部の完成型とするが,まだ十分に改善の余地があることが考察より分かった.

参考文献:生井武文,井上雅弘:ターボ送風機と圧縮機 (1988)