

卓上ガスタービンの設計と製作

筒井研究室 福田 光一郎

1. 緒言

ガスタービンは、発電所や航空機のジェットエンジンなど様々な場所、分野で利用されている。しかし、それらガスタービンを認知している人はたくさんいるが、中身の構造までも知っている人は数少なく身近なものとなりえていない。また現在の日本ガスタービン学会員 1950 人に対し、学生会員は 68 人と非常に少なく、そこからガスタービンへの関心の薄さを見受けられる。

そこでガスタービンを実際に稼動時にも見て触ることのできる、小型、静音、低温、簡素化された卓上ガスタービンを製作できれば、我が高知工科大学のシステム工学実験など、学校教材として使え、ガスタービンへの関心が高まると考えている。

本研究では史上初の自立運転ができる卓上ガスタービンの製作を目的とする。

2. 自立運転計算

低温、低速を目指す卓上ガスタービンが自立運転するにはタービン入口温度が重要になってくる。

タービン入口温度 T_3 は圧縮機仕事とタービン仕事の式に自立運転条件として $W_c \leq W_t$ を与え、自立運転の条件式に代入すると、

$$T_3 = \frac{(P_r^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1)}{\eta_c \eta_t (1 - P_r^{-\frac{\kappa-1}{\kappa}})} T_1$$

となる。ここから、効率が 80%、90% 時に必要なタービン入口温度が以下のグラフで示される。

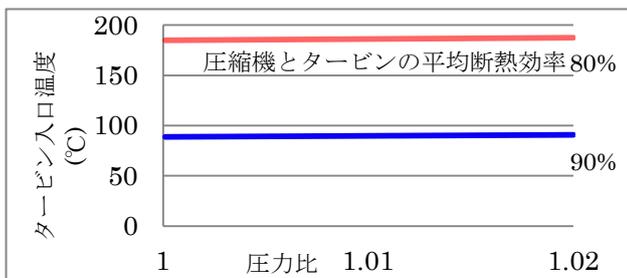


図 1 自立運転条件温度グラフ

以上から断熱効率が 80%以上、100°C以下で自立運転できることが明らかになった。

3. 設計、製作

3.1 ファンの設計、製作

$$L = \frac{\Delta P}{\rho} \frac{1}{Cl} \frac{4\pi}{\sqrt{U^2 + V^2}} \frac{1}{\omega N}$$

上記の式でファンの設計を行った。翼弦長 L 、周速 U 、密度 ρ 、角速度 ω 、揚力係数 Cl 、翼の枚数 N としている。次に、翼の選定として、一般的に低レイノルズ数領域では薄翼の方が翼特性が良いという特徴から NACA64-006 を選んだ。上式からファンの形状を定め、厚さ 30mm のアルミ材を使い NC 加工機で製作したファンが図 2 である。

しかし重量、切削時間が長いなど様々な欠点が見られた。

そこで、0.3mm のアルミ板を使い、糸鋸でファン状に切出し図 3 のファンを製作した。改良したことにより製作時間は 2 時間弱と大幅に改善され、ファンの形状、寸法の変更を行うことがあっても、容易に変更することができる。

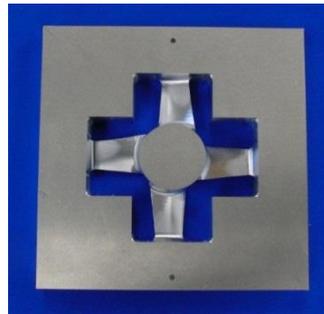


図 2 変更前



図 3 変更後

3.2 その他部品の設計、製作

卓上ガスタービンに必要な部品である軸やファン取付部品、軸受け皿は設計し、(有)坂本鉄工所に作成を依頼した。軸のブレを防止するガイドはアルミ板で切出し、入口流れを均一にするベルマウスはバキュームフォームを用い、軟化させたプラスチックをベルマウス状に成型し製作を行った。

4. 組立、稼動



図 4 組立



図 5 稼動

525mm に組み立てた卓上ガスタービンの内部にファンとタービンを装着し煙突効果を得るための塩ビパイプを上に乗せ、燃料には 24 本のロウソクを使用した。風速をファンのみ、ファン、タービン両方の場合を交互に 10 回計測し、平均を取るとわずかながら風速の増加が見られた。回転数もファンを設置した方が増加した。

5. 結言

上昇気流の効果もあり自立運転は達成できたが、目標でもある低温、簡素化は達成できていない。また、ロウソクのロウが垂れファンに付着し回転を妨害、チップクリアランスが一定ではないためファンが塩ビパイプを擦ってしまうなどの問題点も見つかった。これらを解決するためには、ロウソクに代わる新たな燃料の採用や塩ビパイプをより精度の高いものに変える必要があると考える。

本研究により卓上ガスタービンとしての自立運転の可能性を確認できた。以後改善を続け、100°C以下で稼動するガスタービンを目指す。