

ラジアルガスタービンの研究 (第8報)

—試作ラジアルガスタービンの性能—

Studies of Radial Gas Turbines (No.8)

—Performances of the Experimental Radial Gas Turbine—

水町長生・内田正次・金子和男

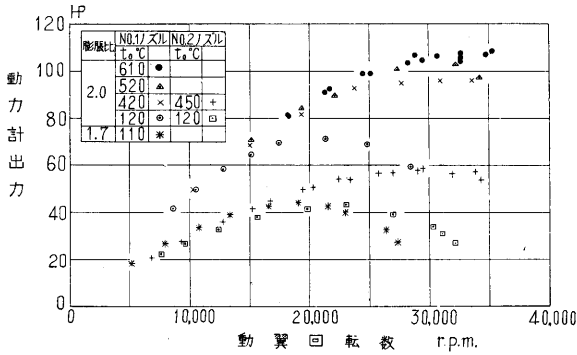
今まで当研究室で行われたラジアルガスタービンに関する研究成果を基礎にして、設計試作したラジアルガスタービンについて行った実験結果を述べる。すなわち主要寸法は第1報の理論的研究結果を用いて決定し、ノズルは直線型ノズル(第3報)を採用し、動翼の exducer 内の流れは遠心力と半径方向の圧力勾配を平衡させるよ

うにし(第6報)、また動翼の速度係数および動翼内の流れの滑りについては、第4報の研究成果を考慮して, exducer の出口角度を決定した。

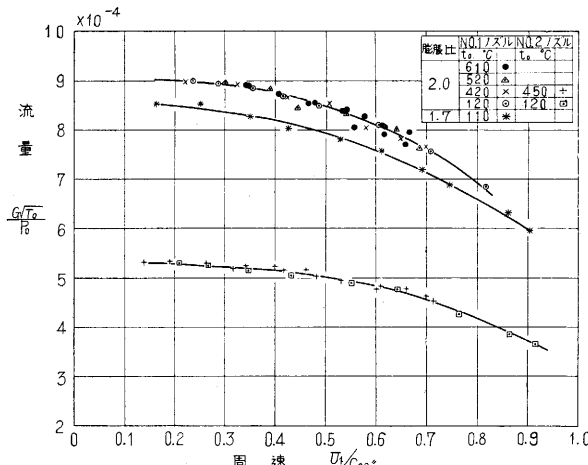
試作タービンの主要目は次の通りである。タービン全膨張比 2.0, ガス温度 600°C, ガス流量 0.52 kg/s, 回転数 34,500 r.p.m., 出力 105HP, 動翼外径 204 mm, タービン出口外径 108 mm, 出口内径 40 mm, 動翼入口幅 12.7 mm, ノズル枚数 15 枚, 動翼枚数 14 枚, ノズル平均流出角 15°40' (No.1 ノズル), $q=17.5 \times 10^{-3}$ 。

実験方法: 実験は石川島重工業 K.K. 第三工場で行った。同所の6段ターボ圧縮機で圧縮された空気を燃焼器に導き、燃料を噴射し燃焼させ燃焼ガスを作る。この燃焼ガスでタービンを駆動する。タービン出力は1段ヘリカル減速歯車(減速比 0.0996)を経て、150 馬力電気動力計に吸収させる。タービンを出たガスは導管を通り、流量計を経て大気中に放出される。流量計は丸型ノズル流量計である。タービン入口ガス温度は渦巻室入口にアルメルクロメル熱電対を4個所取り付け測定し、その平均値をもってタービン入口ガス温度 t_0 とする。4個所の中の1個所は電子管式自動平衡型温度記録計を用いて自記する。タービン出口ガス温度はタービン出口の各半径上8個所にアルメルクロメル熱電対を取り付け、タービン出口の半径方向の温度分布を測定する。回転数は動力計軸の回転数を電子管式自動平衡型回転数記録計で自記させると共に、電子管式計数器型回転計にて同時に測定する。その外壁面の各所に静圧孔を設け、ノズル出口、動翼入口および動翼内の各点の静圧を測定する。またタービン出口の速度分布を測定する場合は、タービン出口導管を取り外し、同所に Yaw meter を取り付け、タービン出口各半径上の速度分布を測定する。なおこの場合は燃焼ガスは使用せず、空気を使用する。タービンノズルは前述の No.1 ノズル(平均流出角 15°40')のほかに、No.2 ノズル(平均流出角 9°30')の両者を使用した。

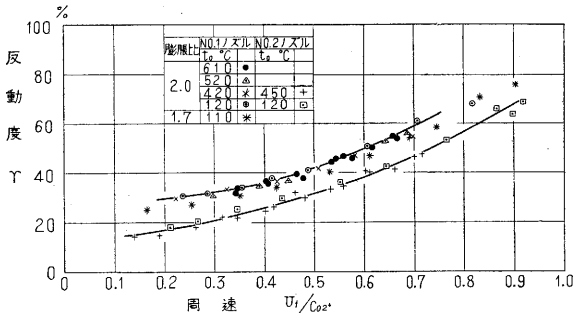
実験結果および考察: 第1図はタービン正味出力で電気動力計で測定した馬力である。それぞれ No.1 ノズルおよび No.2 ノズルを使用した場合について、膨張比 2.0 および 1.7 の場合に、タービン入口ガス温度を一定に保ちつつタービン回転数を変えた場合の出力である。No.1 ノズルを使用したとき、膨張比 2.0, ガス温度 610°C, 回転数 35,000 r.p.m. において約 108 馬力を出している。第2図はガス流量であって (G : kg/s, p_0 : kg/m², T_0 : °K), 横軸は動翼入口周速 U_1 と、タービン入口状態から出口圧力まで等エントロピーで膨張したときの理論噴出速度 c_{02} との比である。第3図は反動度



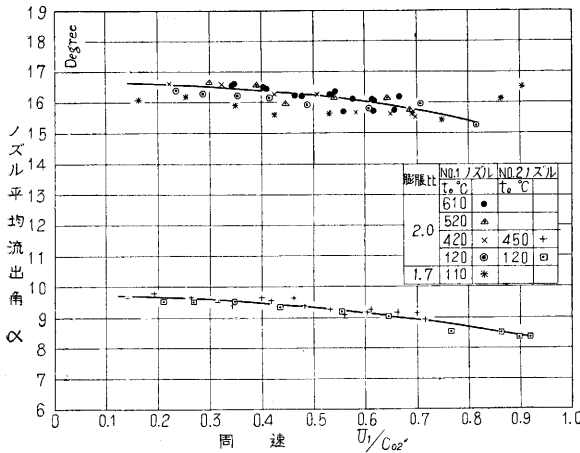
第1図



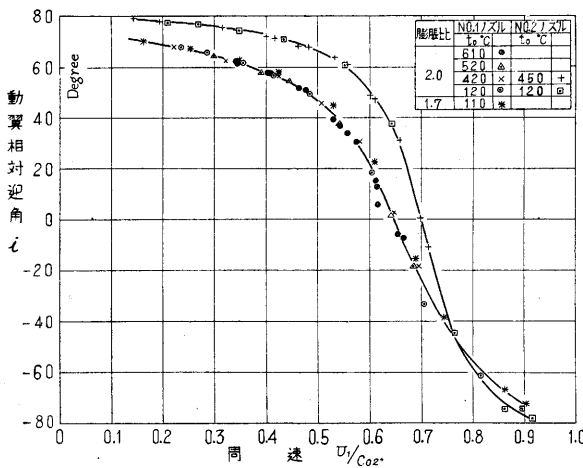
第2図



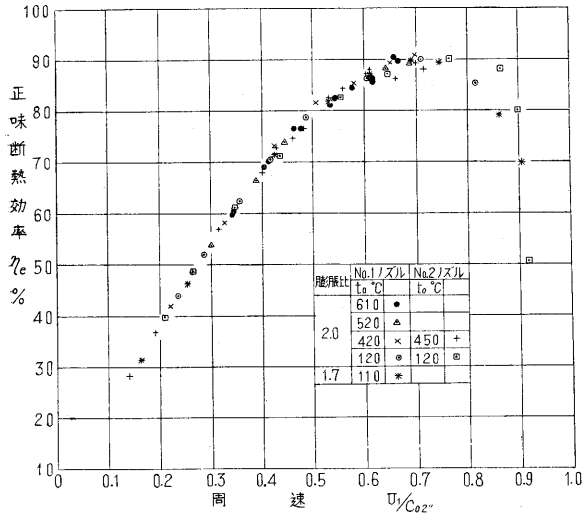
第3図



第 4 図



第 5 図

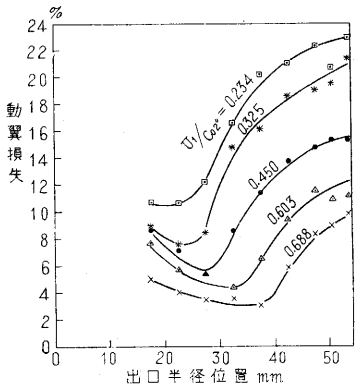


第 6 図

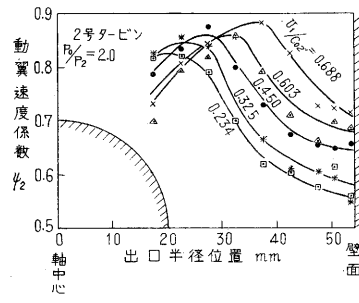
であって、No.1 ノズルの場合、 $U_1/c_{02}''=0.65$ において $r=53\%$ であり、No.2 ノズルのとき、 $U_1/c_{02}''=0.70$ に

おいて、 $r=48\%$ である。ノズル平均流出角を第 4 図に示す。ノズル平均流出角とは、ノズル平均流出速度と円周の切線とのなす角であって、ノズル膨張比および流量から求めた値である。ノズル平均流出角は回転数、膨張比に無関係に大体一定であるが、回転数の低下（ノズル膨張比の増大）と共に若干増大する傾向を示している。動翼入口における相対迎角 i を第 5 図に示す。迎角 i も膨張比およびガス温度に無関係に U_1/c_{02}'' に対して 1 本の曲線上にまとまる。No.1 ノズルのとき、 $U_1/c_{02}''=0.65$ において、また No.2 ノズルのとき $U_1/c_{02}''=0.70$ において $i=0$ となり、動翼に対して無衝突で流入する。正味断熱効率を第 6 図に示す。正味断熱効率とは、電気動力計による測定出力と、タービン入口状態から出口圧力まで等エントロピーで膨張したときの理論出力との比である。No.1 ノズルの場合は $U_1/c_{02}''=0.70$ において、また No.2 ノズルの場合は $U_1/c_{02}''=0.75$ において、それぞれ最高効率 90% を出している。従来各国で試作されているこの種のタービンの最高効率が 78~86% であるのに対し、はるかに優秀な性能を示している。タービンの効率が 90% であれば、これを用いてガスタービン原動機を製作した場合、圧縮機効率 80% としても、熱交換器を使用しないとき、圧力比 6 で熱効率 22% となり、また 80% の温度効率を有する熱交換器を用いれば、圧力比 3~4、ガス温度 600~800°C で熱効率 32~40% となる。

動翼内で失われるエネルギー損失と理論出力との比を第 7 図に示す。理論的研究結果（第 1 報）から明らかにしたように、動翼内の損失はボス付近で小さく、外壁付近で大きくなっている。 $U_1/c_{02}''=0.65$ 付近の場合、ボス付近では動翼損失は 3~5% であるが、外壁付近では 10% 以上に大きくなる。したがってタービン出口で一様な出口速度分布を与える方法は効率の点から望ましくなく、第 1 報で明らか



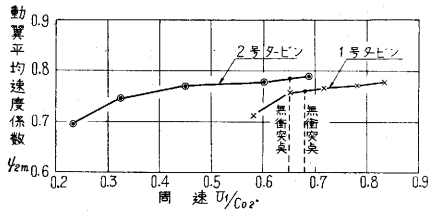
第 7 図



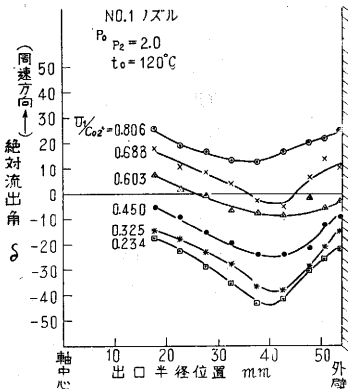
第 8 図

かにしたように、出口外壁付近では小さく、ボス付近で大きくなるような速度分布を与えるべきである。

研究速報



第 9 図



第 10 図

行った実験結果と同一傾向を示している。タービン出口の全半径にわたっての速度係数の流量平均を出せば第9図のようになる。動翼平均速度係数は1号タービンの場

動翼の速度係数を第8図に示す。

$$U_1/c_{02} = 0.65$$

(No. 1ノズルの場

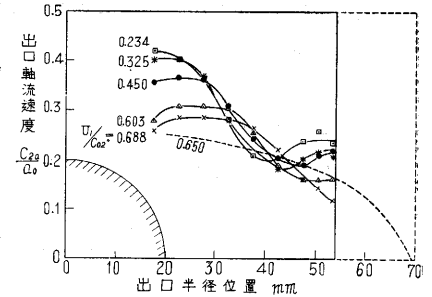
合) 付近のとき最大断熱効率を出す。このときのタービン出口における動翼速度係数の分布は0.70~0.86の範囲にあり、出口外壁付近およびボス付近で悪くなり、両者の中間位置において速度係数は高くなる。これは1号タービン

(第4報)について

合も、この度の2号タービンの場合も同様な傾向を示しており、この結果から、この種のタービンの動翼の速度係数は大体

0.78~0.79 であることがわかる。

このときのタービン出口における流出絶対速度が軸心方向となす角度を第10図に示す。U₁/c₀₂=0.65 付近で流れはほとんど軸心に平行に流出していることがわかる。また出口軸流速度を第11図に示す。点線は第1報の理論計算から求めた軸流速度分布である。本実験結果では大体理論計算の結果と一致しているが、なお若干ボス付近で多く流れ過ぎ、外壁付近で減少する傾向を示しているが、第10図および第11図の結果から、動翼内の流れは大体理論通りの流れ方をしており、exducer内の流れについての遠心力と半径方向の圧力勾配の釣合いおよび動翼内の流れの滑りについての補正方法(第4報)は妥当であることがわかる。



第 11 図

(1958. 3. 12)

(19ページより続く)

e) 海洋放棄: 現在すでに実施されているがご承知のように問題がすべて解決されているとはいえない。わたくしが立ち寄った所では Harwell, Brookhaven, ロスアンゼルス の N.A.A. が 行 っ て お り、 Saclay も 行 っ て い る よ う で あ る。また日本でもごく少量が投入されている模様である。

f) 固体にして格納する方法: 水に対して浸出度の低い固体にして、水に触れないように格納しようとするもので種々の方法が研究中である。その代表的なものいくつかを示せば、1) 粘土による吸着法: 主として Brookhaven 国立研究所で研究され、montmorillonite clay に吸着させて1,000°C ぐらいに煨焼し不浸出性にする。

2) カルシネーション法: 熔融塩による方法で Brookhaven で研究された。3) 焼結法: 石灰とソーダで凝集したスラリーを乾燥焼結する方法で Oak Ridge で研究された。4) 流動煨焼法: 煨焼して酸化物粉末にする方法で Argonne, Idaho で研究中。5) ガラス化法: ネフェリン・サイアナイトと石灰を加えてガラス化する方法で Chalk River, スエーデンで研究中。(1958. 5. 2)

次号予告(7月増大号)

研究解説

- 船側におけるウェーブ・プロフィルの記録 高橋 幸伯
- 屋根の防火性能について 星野 昌一
- ソイルセメント 三木 五三郎
- 鋼浴中酸素分析試料採取法 松下 幸雄

海外事情

- フランス留学記 井口 昌平

研究速報

- 岡本 舜三
- 吊橋の耐震設計公式(第1報) 久保 慶三郎
- 伯野 元彦
- アルギン酸のイオン交換反応の研究 高橋 武雄
- 江村 悟
- アルギン酸のイオン交換反応によるAlとBeとの分離 高橋 武雄
- 白井 ひで子
- 金属材料の変形抵抗 橋爪 伸
- ステンレス鋼線引抜用の造膜剤 鈴木 弘
- 大井 澄佳