

1-1 ガスタービンの歴史

ルーツを探る 初めは紀元前100年ころ

ガスタービンの原点は古く、原理からすれば蒸気を用いて物体を動かすことが試みられたのは紀元前100年ころにエジプトの数学者でもあり発明家でもありましたヘロンのつくった回転球（図1.1）が最初の記録として残っています。ここでは容器に入った水を温めて蒸気にし、その蒸気が口から噴出するときの反動で玉を回転し、その運動を利用して宮殿の扉の開閉を行ったものです。固く蓋の閉じられた大鍋の中には水が入っていて、下からの火で蒸気となります。その蒸気が2本の垂直管を昇り、球形容器に入ったのち、ノズルからジェットとして噴出します。球形容器は、その反作用で回転を始めます。ヘロンは、その球形容器の回転軸にロープと滑車を取り付け、ロープを巻き上げることによって寺院の扉を自動的に開いてみせた、とされています。

10 燃焼ガスを直接動力発生に利用したものとしては、煙突の中に風車をおいてガスの流れによりそれを回転させて利用したのがありますが、これはチムニー（煙突）ジャック（図1.2）と呼ばれ、レオナルド・ダ・ビンチが発明しました（1500年ころ）。これは日本のまわり灯籠と似ています。

1629年にはイタリアの技術者だったブランカが蒸気を羽根車に吹き付けて回転し、歯車を介して動力を取り出し、それによって穀物を搗いた（図1.3）という記録があります。オランダの風景でよく見られる風車も同じように風を風車に吹き付けて回転させて穀物を搗いているし、日本の水車も水の流れを水車の板にぶつけて回転させています。

このように、蒸気、ガス、空気、水などを当て、噴出させて物体を回転させ動力を取り出すしかけは、ずいぶん古くからあったことがわかります。

ガスタービンの原点



図 1.1 ヘロンの回転球

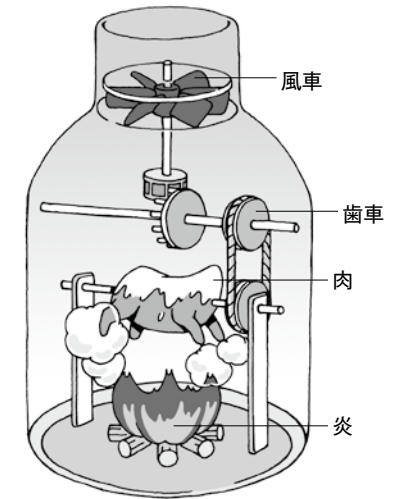


図 1.2 レオナルド・ダ・ビンチのチムニージャック

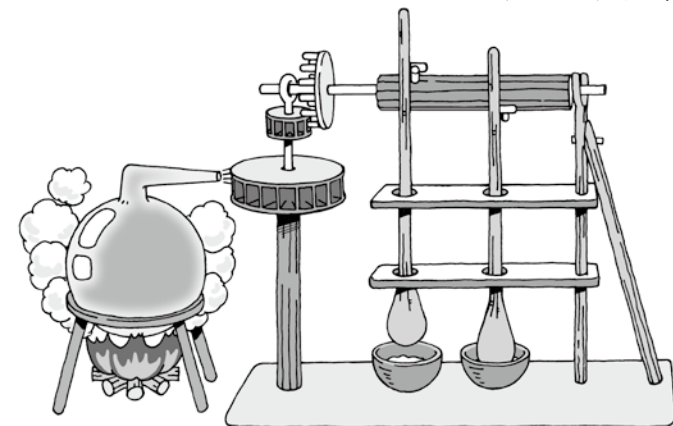


図1.3 ブランカの穀物製粉機

2

ガスタービン 発展の歴史

ガスタービンのアイデアはレシプロエンジンより古く、最初のガスタービンは1791年にイギリス人のジョン・バーバーが特許(図1.4)を取得しています。その設計では圧縮機、燃焼室そしてタービンをもって、現在のもののおもな違いはチェーンを介してタービンが往復式の圧縮機をまわしていた点でしょう。

今日の圧縮機、燃焼器、タービンという基本要素から構成されるガスタービンに対する理論は1872年にブレイトンによって確立されました。圧縮機で高圧化された空気が燃焼器で加熱されタービンで膨張するというもので、圧縮機、タービン、燃焼器の効率をそれぞれ100%とし、圧力や熱の損失などはゼロとした理想的な状態です。燃焼器における圧力も一定で等圧燃焼と呼ばれます。これはブレイトンサイクル、あるいは完全単純サイクルとも呼ばれます(図1.5)。

その後1920年代まで数々の試作が行われ試験されましたが、ことごとく失敗に終わっています。ガスタービンを回転させるために、大きな遠心力が働くことと、温度に耐えられる材料がなかったことにより、強度がもたず破損してしまうことと、圧縮機にしてもタービンにしてもおそろしく効率が悪かった、特に効率の良い圧縮機が得られなかったのが大きな理由です。

圧縮機やタービン内の流れは複雑で、損失の少ない設計ができなかったのです。構造が簡単なことから、蒸気タービンとレシプロエンジン両者の利点をあわせもつガスタービンの将来性が大いに期待されていましたが、しだいに着目されなくなり、長い間、低迷期が続きました。しかし、ガスタービンが再び登場します。

1930年代に流体力学や耐熱材料の研究が盛んになり、1939年にはスイスのブラウン・ボベリ社で4,000kWの発電用ガスタービンが試作され、熱効率も14.7%に達し実用性が確認されました。

ガスタービン初の特許と基本サイクル

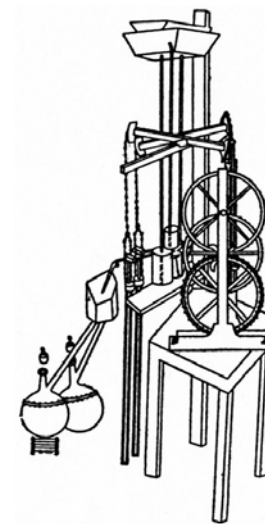


図1.4 バーバーのガスタービンの特許

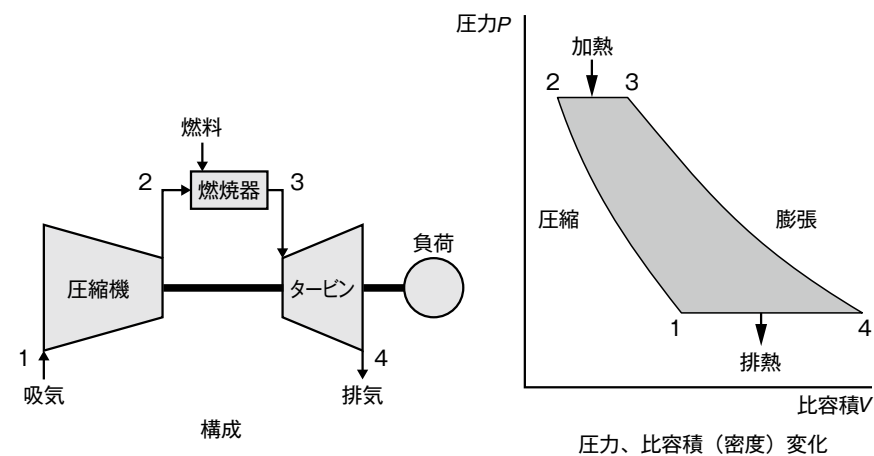


図1.5 ブレイトンサイクル(完全単純サイクル)

用語解説

熱効率：投入燃料が完全燃焼して得られる熱エネルギーに対し、得られた有効出力(機械エネルギーや電気エネルギー)の割合。

3

航空用での発展 1930年ジェットエンジンの特許

1930年代、航空エンジンの世界でも、飛行機の上昇速度を上げるにしてもレシプロエンジンとプロペラ方式には限界が見えてきていました。イギリスのホイットルはジェットによる方式に目をつけ1930年にジェットエンジンの特許(図1.6)を取得し、苦労を重ねながら完成した実用品第1号ともいべきエンジン(図1.7)の出力(推力)は770kg、自重385kgといわれています。これ以降さらに出力の大きいものが開発され、やがてレシプロエンジンのプロペラ機世界最高記録の時速750kmを追い越すことになります。1939年にはドイツでジェット機の試験飛行に初めて成功しています。このころはイギリスとドイツで盛んに開発が行われ、第二次世界大戦末期に実用化されることになります。このころのレシプロエンジン用の最高出力は1台3,500馬力といわれており、一方ジェットエンジンを馬力換算すると約10,000馬力といわれており出力の差がわかるでしょう。

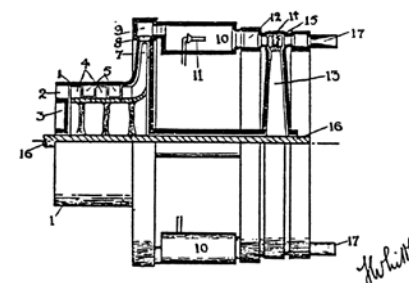
ホイットルのエンジンには圧縮機として遠心式が使用されていましたが、当時のドイツの圧縮機には軸流式が使用され、今日のジェットエンジンとほとんど形が変わっていない(図1.8)のには驚かされます。

また、アメリカではアフタバーナを取り付けたジェットエンジンを戦闘機に搭載し1953年には音速の壁を破っています。1970年には大量輸送時代の幕開けとなったジャンボジェット機が登場します。1976年には民間航空機で超音速機が就航しています。

ガスタービンが航空用として使用されるには、航空用としての申し子のようなものだったからです。小型・軽量・大出力であり、その点でガスタービンは^{けた}桁が違います。また、高空では空気がきれいであるため翼の汚れがほとんどないため出力低下がほとんどないこと、ジェットの排気処理も気にせず、また騒音も上空では問題にならないためです。このような条件が、航空用として大きく発展する要因となりました。

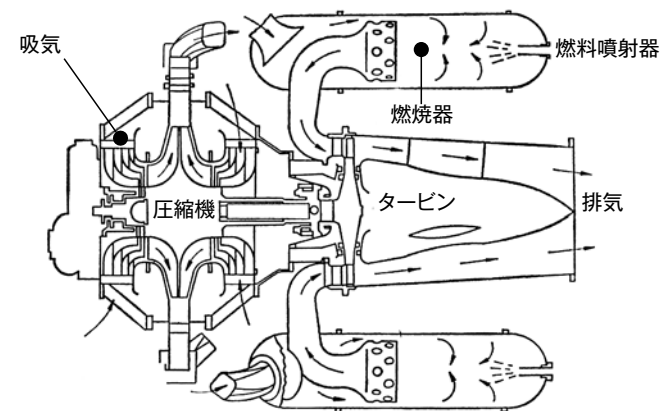
20世紀はまさに航空用のガスタービンが全盛となった世紀と言ってよいでしょう。

ホイットルのジェットエンジン初特許と試作エンジン



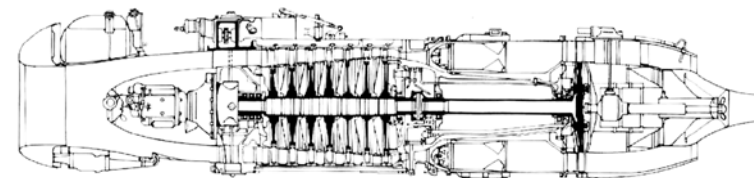
(出典) 1930年、英国特許 No.347206

図 1.6 ホイットルのジェットエンジン初特許



(出典) 富塚清、動力の歴史、三樹書房、増補新訂版、2002を一部加筆

図 1.7 ホイットルの試作エンジン



(出典) 石沢和彦、橘花、三樹書房、2001

図 1.8 今日のジェットエンジンの原形となったBMW 003