

動力回収ラジアルタービンのシリーズ化

鈴木日出夫

機械事業部・回転機技術部

Power Recovery Radial Turbine Series

Hideo Suzuki

Energy-saving designs are in high demand currently because of the ramifications of greenhouse effect and the domestic economical crisis. In order to maximize energy savings, Kobe Steel has developed a series of commercial steam radial turbines. This paper introduces this series and describes how they efficiently recover power from waste steam in various plants and types of equipment.

まえがき = 1997年12月に開催された地球温暖化防止条約締約国会議（通称：京都会議）の主催国が日本であったこと、および各業界での排出削減目標値（ノルマ）が明確化されたことがあいまって、以後わが国の二酸化炭素(CO₂)排出削減熱が一気に高まり、結果としてCO₂排出抑制となる省エネルギーの検討、および投資という形で、急速に市場が形成されようとしている。

多くの工場、プラントが省エネルギーを実現しようとするとき、現有の設備を省エネルギー型に改造する場合は、一般的に多額の設備更新費用が必要となりFSが成立しないことが多い。いっぽう、既保有エネルギーの無駄を改善する手段は、比較的安価な投資で、一定の効果がえられることから、企業の省エネ検討のほとんどが、これらのアプローチでおこなわれている。

1. 動力回収蒸気ラジアルタービンシリーズ化の背景

このような市場動向を受け、今までの活動を通じてえられた知見から、余剰蒸気のエネルギーを効率よく動力回収する用途に大きなニーズが存在することが判明し、この分野に特化する形で2種類の商品シリーズ化することとした。当社ラジアルタービンは、1934年に空気分離装置の寒冷発生用として自社開発し製作を開始、以来用途を広げてきている。1984年には蒸気用ラジアルタービンを上市し、現在その他各種プラント廃ガスの動力回収用、LNG冷熱発電用などに幅広く活用され、これまでに約400台の製作実績を有している。今回、ラジアルタービンの国内リードメーカーとして培ってきた技術が本シリーズに集約され、商品の信頼性向上を果たしている。

2. ラジアルタービンの優位点と課題

蒸気タービンとしては軸流型が一般的であるが、処理する流体の量、圧力によりえられる効率の高低差から、ラジアル型との間に、それぞれに最適な適用領域が存在する。大別すれば、大容量高圧用途には軸流型が、小容量中低圧用途にはラジアル型がそれぞれ適している。高

圧蒸気は高価であることから、いずれの顧客にあってもボイラ新設の際、慎重に高圧蒸気の活用が検討されているのに対して、中低圧蒸気はその多くが高圧蒸気を利用した後に発生することから、副産物として未利用のまま排出されているケースが多い。中低圧仕様に優位性のあるラジアルタービンが余剰蒸気動力回収用途として着目される理由がここにある。

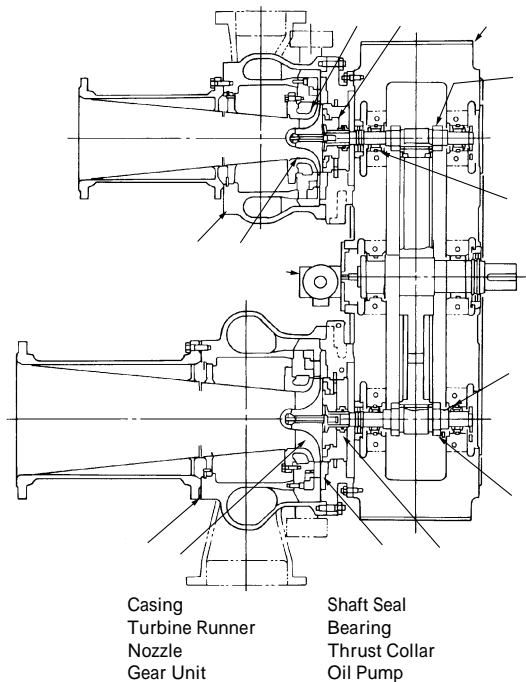
中小型軸流タービンも汎用品として市場に出ているが、ラジアルタービンにくらべて最高効率比で15%以上効率が低い。しかし、省エネ効果は劣るが汎用品であることから、価格は非常に安く、ラジアルタービンを同一市場で競合させるためには、徹底したコストダウンが課題である。

2.1 構造と特長

タービンランナと呼ばれる半径流の羽根車を減速機のピニオン軸に直接取付けたシンプルな構造で、圧力を有した蒸気はケーシング入り口からスクロール通路を通りノズルに導かれる。ノズルは圧力ヘッドを速度に変換するもので、圧力損失が最少となるような形状に設計されており、効率よく圧力を速度エネルギーに転換する。ノズルで加速された蒸気はランナ外径部から流入し規定の出口圧力まで断熱膨張し、その際に反動型ランナに与えられた回転力が減速機を経て発電機で動力回収される仕組みである。

第1図にラジアルタービンの断面図を示す。タービンランナの基本形状はランナ入口面積、出口面積、および入口と出口をつなぐ通路形状（ランナ形状）とからなり、それらの各形状を与えられた蒸気条件（入口および出口条件）に合わせて効率が最大となるように決めることができる。さらに減速機ピニオン軸にランナを直結していることから、減速機速度比を自由に選択でき、中小容量および中低圧力仕様に対して最適効率がえられる速度（回転数）での設計が可能となる。

以上の理由から、ブレード（羽根）の位置、形状、回転数に制限を受ける軸流タービンにくらべて、ラジアルタービンは、はるかに高い効率をえることができる。また、ラジアルタービンでは国内初の復水型を開発し運転



第1図 2段形ラジアルスチームタービン断面図
Fig. 1 Sectional drawing of 2 stg. radial steam turbine

実績を有しており、従来では回収困難な低圧力蒸気においてもエネルギー回収が可能になっている。

2.2 シリーズ構想

用途、市場別に大きく分けて、以下に示す二つのシリーズを有している。いずれのシリーズも汎用軸流タービンに対する優位性を確保しつつ、設備投資におけるFSを成立させるためには、前述のコストダウンが課題であり、機種限定、適用仕様の固定、標準化思想、部品の共有化などを大幅にとり入れた価格競争力のある商品としていく必要がある。

動力回収タービン圧縮機（通称：エコセントリ）

パッケージ化された圧縮機（増速機内蔵型）の軸の一

端にラジアルタービンを直接結合した構造が特徴で、回収された動力は発電機による発電ではなく、直結された圧縮機の動力軽減（具体的には圧縮機用電動機の必要電力の軽減）として回収される。したがって電気事業法などの法規制がなく、より安価な設備費で余剰エネルギーを有効利用でき、圧縮空気または窒素を必要とする客先には最適な商品となっている。また、運転監視の充実、および運転の操作性向上のため、液晶表示によるタッチパネルを組み込んだコントロールパネルを標準装備している。第2図にタッチパネル表示画面例を示す。なお当機については、構造、アレンジ、仕組みなどの広範囲なクレームを盛り込んだ特許を出願している。

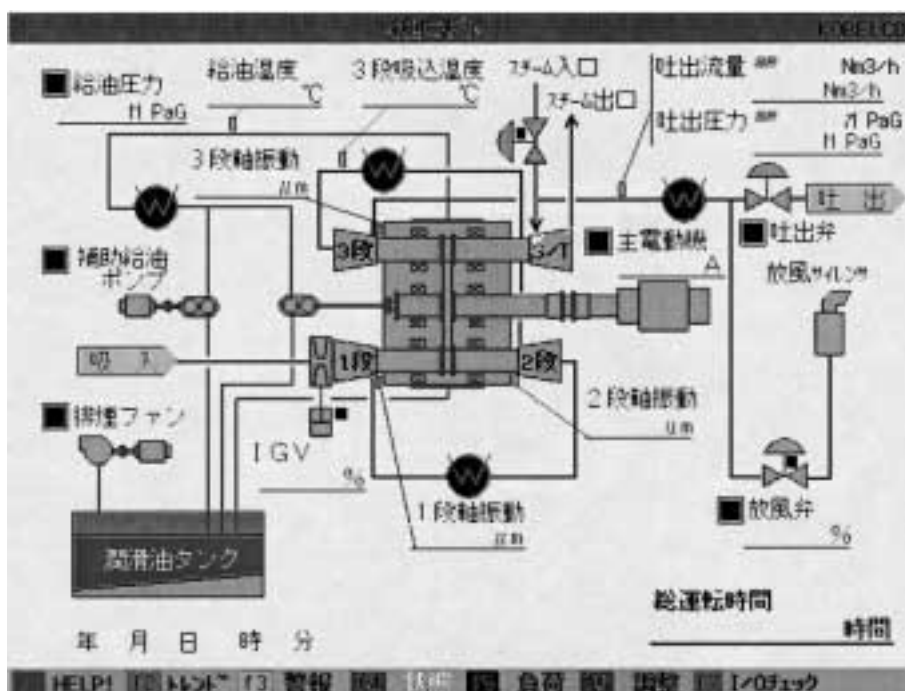
本シリーズはVGP100RからVGP460Rまでの8機種を有するが、とくにニーズが集中するVGP100R～150Rの3機種を共用化する思想のもとに徹底した標準化をおこない、残りの上位機種はそれらの思想を踏襲した設計としている。第3図に各型式での適用範囲を示す。

動力回収タービン

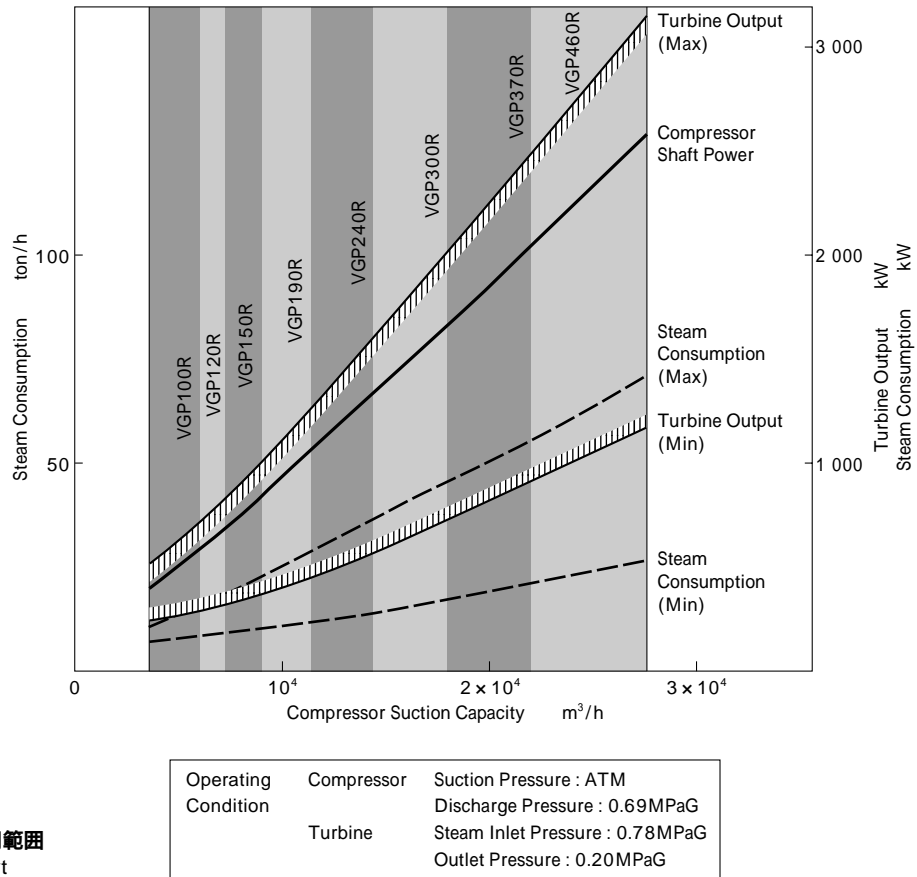
ラジアルタービン単独機で、発電機と接続し、余剰エネルギーを発電機により電力として回収するものである。エコセントリと異なり、余剰蒸気を有するところなどでも設置可能で、市場は大きい。この分野での需要動向は、省エネルギーの観点から効率の良さが評価されることから、今後は軸流型よりラジアル型が主流となるものと予想される。

当社は燃料電池用タービン圧縮機の開発においても実績を上げた高効率ラジアルタービンの技術を有しており、これらの技術を応用することにより開発したノズルおよびタービンランナ流路内の流れ解析技術を活用し、より高効率となるように、ノズルおよびタービンランナの形状を決定している。第4図に一例としてノズル流路内の流れ解析例を示す。

さらに、機種を3種類程度に限定し、各機種間の部品、



第2図 タッチパネル表示画面例
Fig. 2 Example of touch panel display



第3図 各形式適用範囲
Fig. 3 Range chart

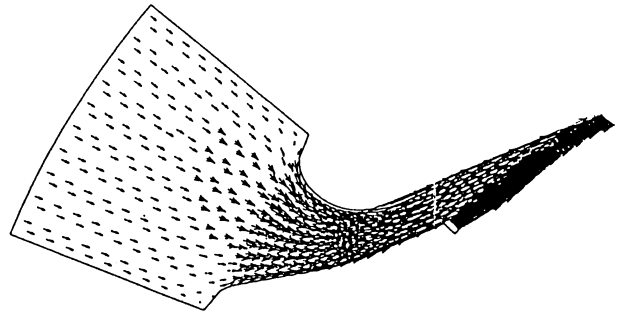
機器などの最大限の共用化を図るとともに、タービン本体以外の補機類、計装品を含めたパッケージ部分は、先に開発終了している準汎用増速機内蔵型遠心圧縮機（型式：VGP）の標準設計思想を横展開し、コストダウンを実現している。

3. 今後の取組み

国内の省エネルギーに対する熱意の高さから、工場および設備の大小を問わず幅広い需要が存在するが、いっばうではユーザでの操業コスト削減傾向がいつそう強まる状況で、FS成立の判定基準は厳しくなり、設備投資の回収期間はますます短くなるものと予想され、いかにより安価な機械で効率よく余剰エネルギーを回収するかが、ラジアルタービンの用途拡大のポイントとなっている。

今後の技術面での課題については、さらなる高効率化に向けた継続的なアプローチのほかに、蒸気用途ゆえに抱える問題点として、湿り域でのランナ、ケーシングなどに対するエロージョン対策の強化が挙げられる。実績機での運転経験を踏まえて、特殊なコーティング技術を確立しているが、部品寿命の延長には、さらに改善が必要である。

以上に述べたとおり、今後も技術面でのブラッシュアップ



** Velocity Plot **

第4図 ノズル内流れ解析例
Fig. 4 Flow analysis in nozzle

ップを継続して、当社ラジアルタービンの商品力を強化していく所存である。

あとがき = 省エネルギーは将来とも続く重要課題であり、今回紹介した二つの商品シリーズは、多くの顧客の工場、設備における省エネルギー実現に向けた強力な手段となるものと確信している。