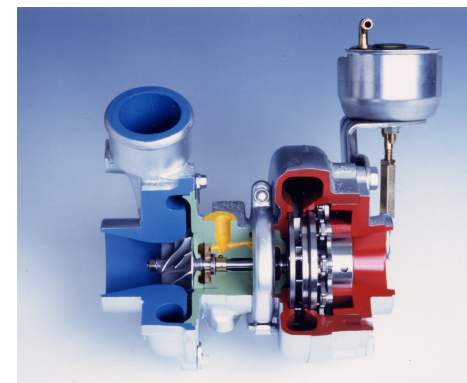


圧縮機とタービン



ターボ式過給機カットモデル

光和商事(株) 荒木 巍

H17.10.21

流体機械の分類

圧縮機・ポンプ

タービン

ターボ形

遠心式：
遠心ポンプ
遠心送風機
遠心圧縮機

フランシス水車
半径流タービン

斜流式：
斜流ポンプ
斜流送風機
斜流圧縮機

斜流水車

軸流式：
軸流ポンプ
軸流送風機
軸流圧縮機

プロペラ水車
軸流タービン

容積形

往復式：
往復ポンプ
ピストンポンプ
往復圧縮機

ピストンモータ

回転式：
歯車ポンプ
ベーンポンプ
ねじポンプ
スクロール圧縮機
ベーン圧縮機
スクリー圧縮機

歯車モータ
ベーンモータ
ねじモータ

特殊形：渦流ポンプ 噴流ポンプ 気泡ポンプ
水撃ポンプ

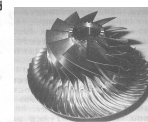
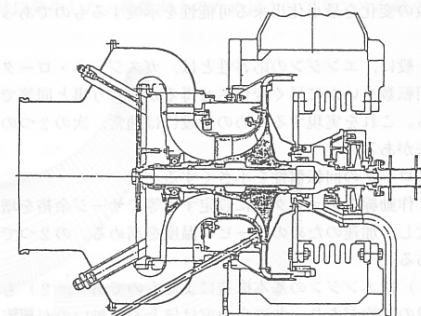


図6-1 遠心式圧縮機

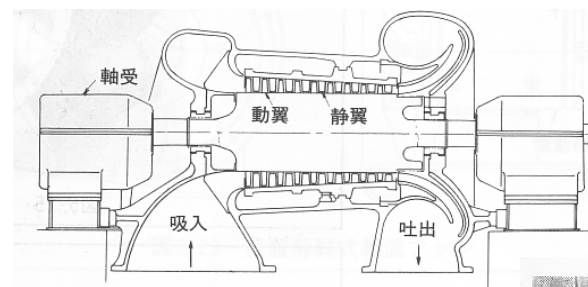


図6-2 軸流圧縮機

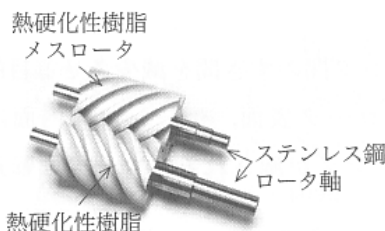
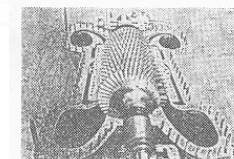


図6-4 スクリュー圧縮機

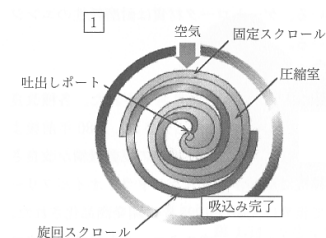
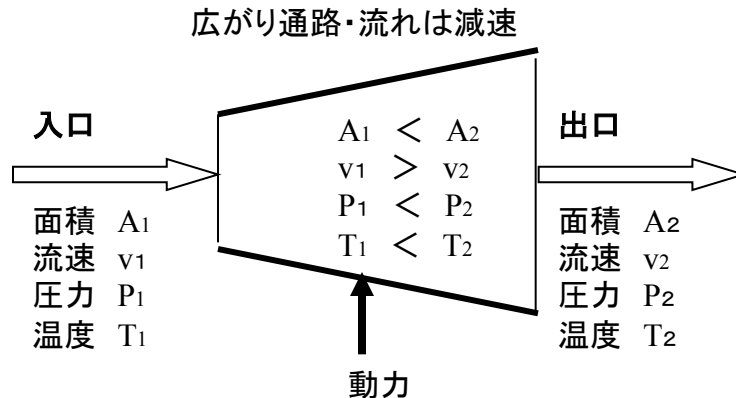


図6-3 スクロール圧縮機

気体の流れ

増速流と減速流

ターボ型
圧縮機



速度エネルギーが減速により圧力上昇となり、熱エネルギー（温度上昇）となる

熱エネルギー $C_p(T_2 - T_1)$ = 気体の得たエネルギー（動力が変換したもの）

圧力に逆らって流れていくので無理がある

タービン

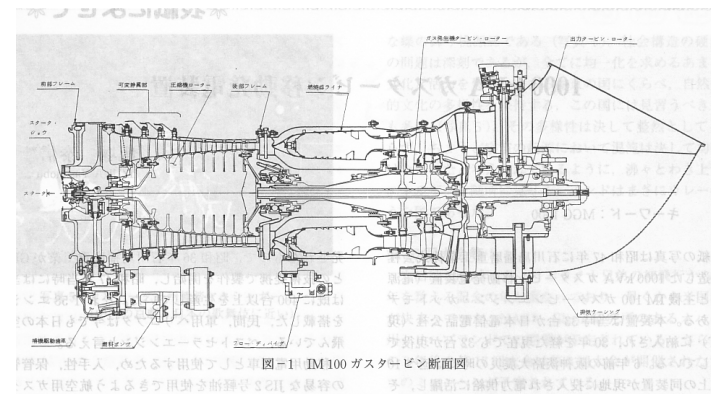
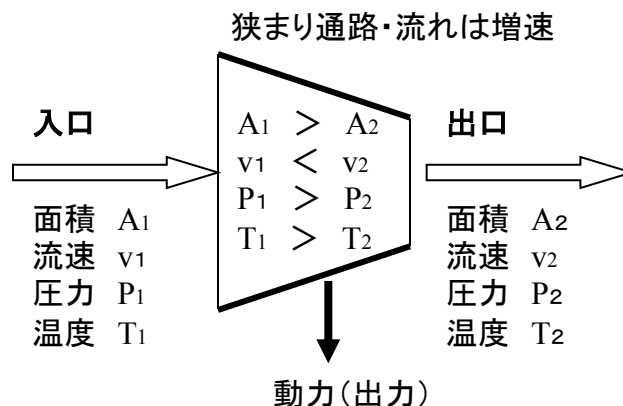


図6-5 圧縮機・タービンの断面

圧力の低い方に流れるので自然の流れ

熱エネルギー $C_p(T_1 - T_2)$ = 気体の吐き出したエネルギーが出力になる

圧縮機はタービンに比べて1段あたり大きな圧力比は得られない。

軸流式ガスタービンでは圧縮機段数がタービン段数の5倍以上となる。

圧縮機では無理に A_2/A_1 の比を大きくすると流れの剥離が生じ、効率が悪くなる。 A_2/A_1 が大きいときは通路を長くする（遠心式）。

同一の圧力比では温度が高いほどエネルギー変化量大きくなる。（圧力比一定 → 温度比一定）

タービン出力を高めるために、ガスタービンではタービン入口温度を高くする

翼型

翼列

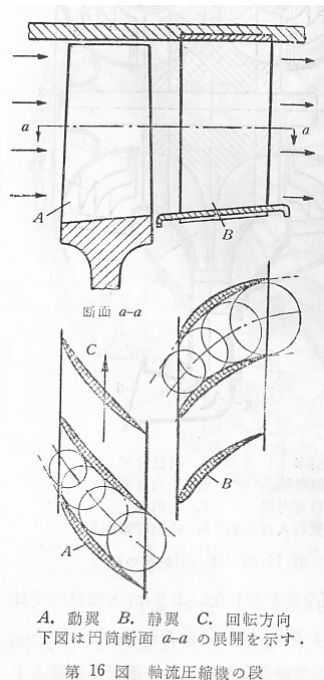
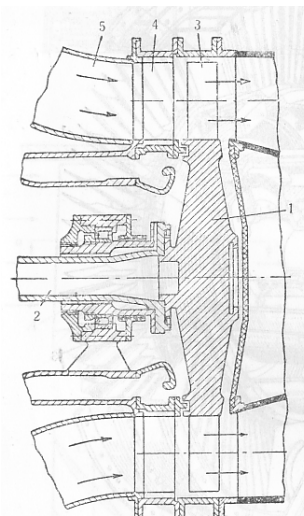


図6-6 圧縮機翼列



第 18 図 単段ガスタービンの構造

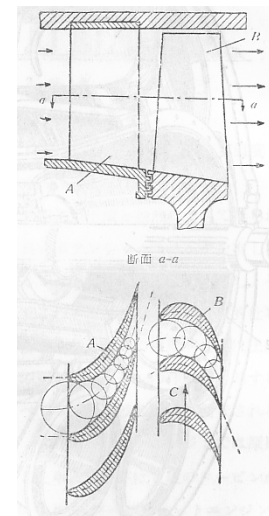


図6-7 タービン翼列

単独翼

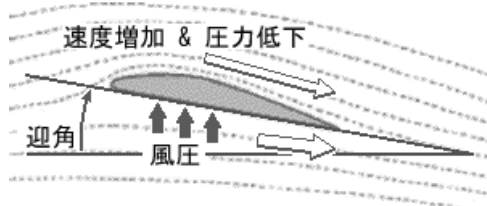


図6-8 航空機翼(圧縮機翼)

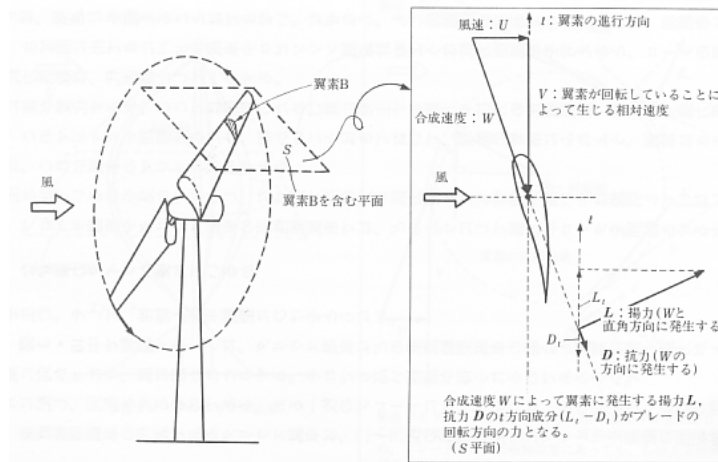


図 3.9 プロペラ風車の作動原理

図6-9 風力タービン翼



2400キロワット級風車の「MWT92/2.4」。翼部分の直径は92メートル

ターボ式は往復動式に比べて以下の特長がある

連続流	容積型はシリンダ内で流体が一時停滞する。ターボ型は高速で機械内を流体が流れるので1kg当りの同じ流体で同じ仕事量でも機械が小型になる。吐出流体の脈動も小さい
整備	摺動部がないので磨耗部品がほとんどない。しかしタービンはつねに高温に曝されるため、部品材料の耐熱性が要求される
振動	ターボ型は往復動部分がないので振動は発生しにくく、機械基礎がシンプルとなる。但し、流体の引き起こす振動(＝脈動)が発生することがある
中間冷却と再熱	高い圧縮比(P_2/P_1)の圧縮機では動力を減らすために圧縮の途中で冷却をするとよい。タービンでは途中で加熱すると出力を高めることができる

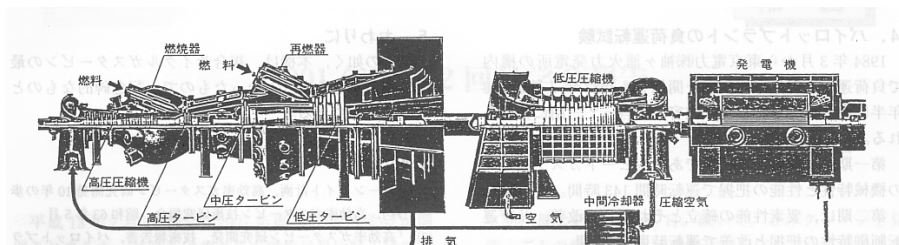


図1 レビートガスタービン AGTJ-100A 断面図

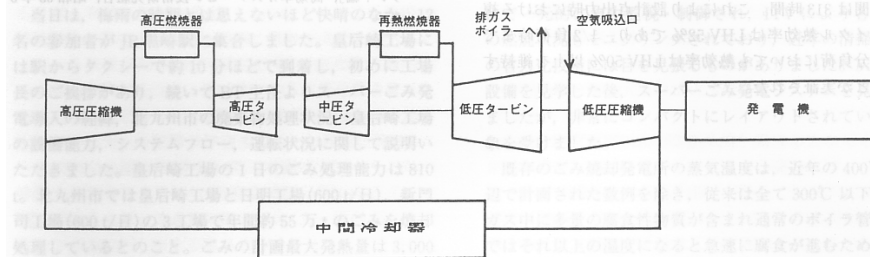
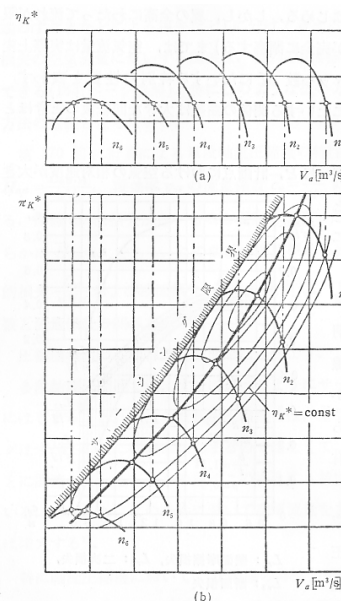


図2 システム系統図

図6-10 中間冷却・再熱サイクルガスタービン



第 171 図 圧縮機特性曲線において $\eta_K = \text{const.}$ 線の書き方

図6-11 軸流圧縮機の性能特性

圧縮機：

産業用空気圧縮機－工場空気源（鋳鍛造、機械製造、造船、電機、木工業）、
交通機関（航空機機内加圧、船舶魚雷、鉄道ブレーキ）、
石油化学（空圧自動制御、射出成形、粉体輸送）、窯業（スラリー混合、バーナ用空気）、
鋁業（ドリル、ブラスト）、建設・土木（空圧工具、吹付けエアガン） 工場乾燥
用（製紙、電子部品）、

原動機－過給機、ガスタービン、ジェットエンジン、

送風機－ボイラ燃焼空気供給、ボイラ排風、高炉送風、**ヘリコプタ**

ファン－トンネル換気、室内換気、コンピュータの放熱、冷却塔の冷水放熱、扇風機

ガス加圧機－酸素、冷凍機冷媒圧縮機、CNG（メタン）・水素（自動車用燃料）の圧縮機、
ガスタービン用ガス燃料圧縮機、ガスパイプラインブースターステーション（ガス加圧用）



図6-12 汎用遠心圧縮機（IHI）

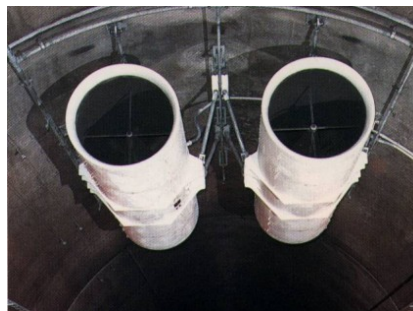


図6-13 トンネルファン（IHI）



図6-14 スクリュー冷凍機
（前川製作所）

タービン:

原動機－過給機(自動車、船用機関)、
 ガスタービン(発電、APU、船舶用主機・補機、パイプラインブースターステーションー加圧
 圧縮機・ポンプ駆動用)、
 蒸気タービン(発電、化学プラント)、
 ジェットエンジン(航空機)、宇宙ロケット(液体酸素・液体水素ターボポンプ)

エキスパンダー－化学プラント動力回収

羽根車式流量計－気体・液体流量測定

風車－発電

ヨット

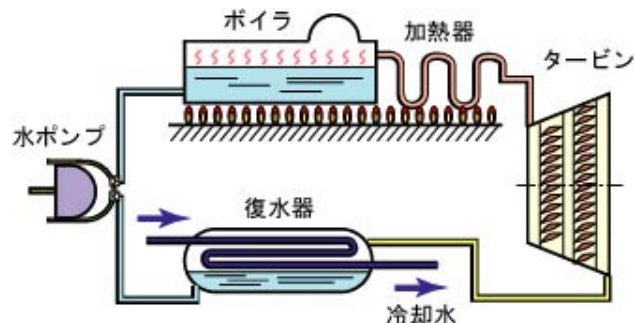


図6-17 蒸気タービンサイクル

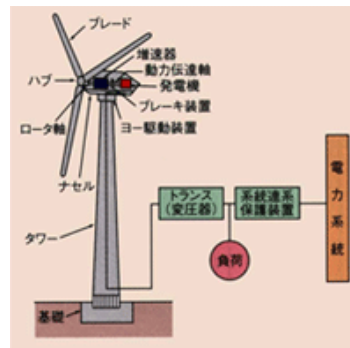
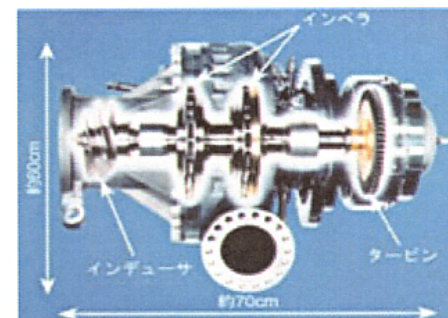


図6-15 風力タービン



LE-7A液体水素ターボポンプ

図6-16 宇宙ロケット用水素燃料ポンプ

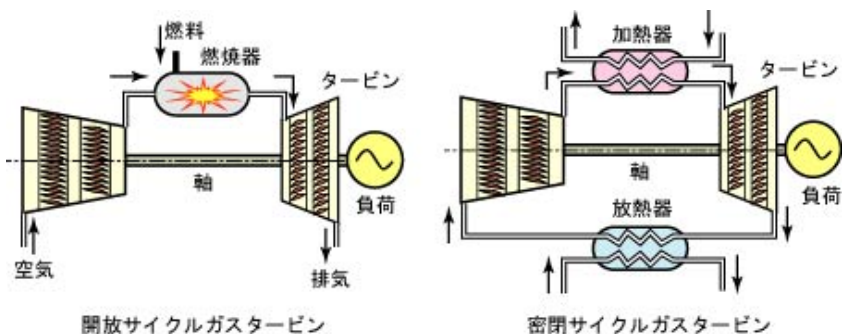


図6-18 ガスタービンサイクル

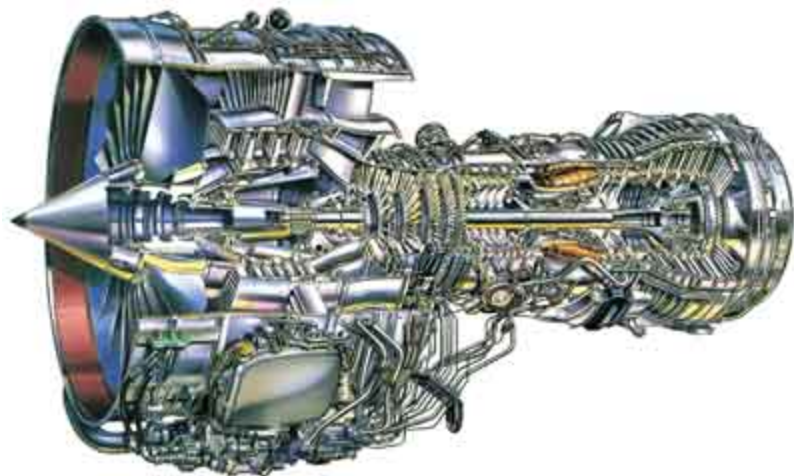


図6-19 多軸ロータ

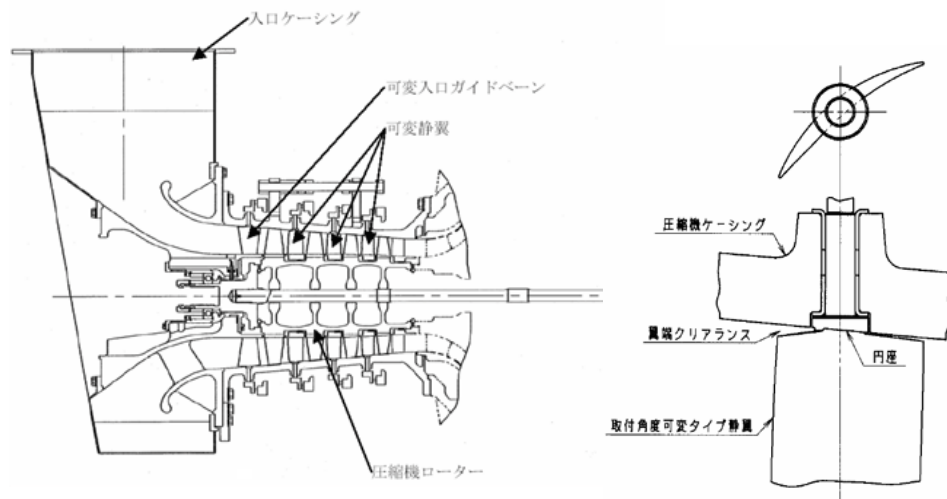


図6-20 可変静翼(VGS)

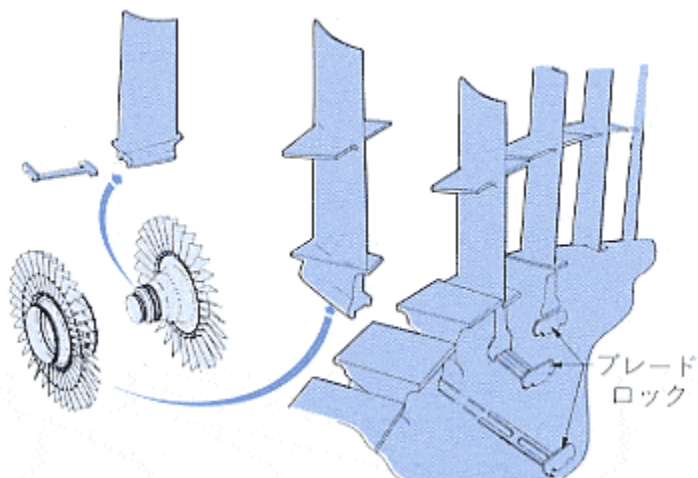


図6-21 翼振動防止

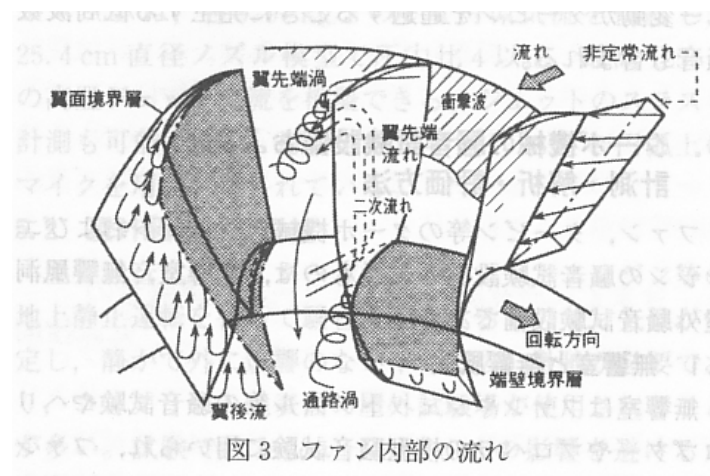
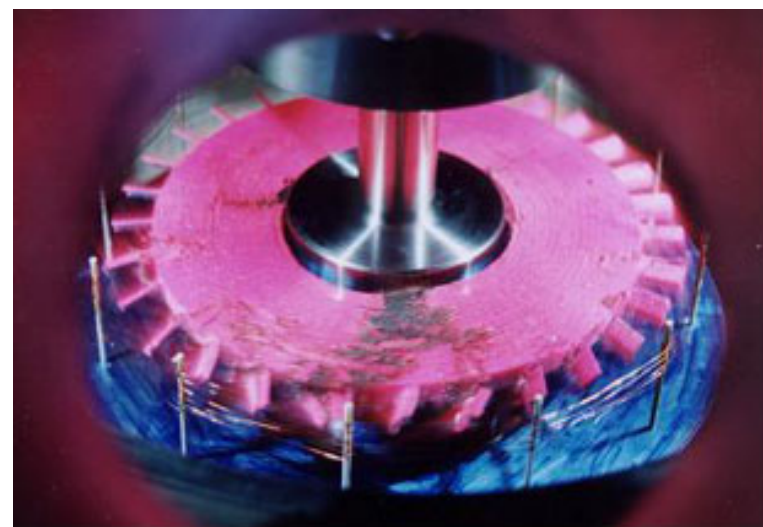
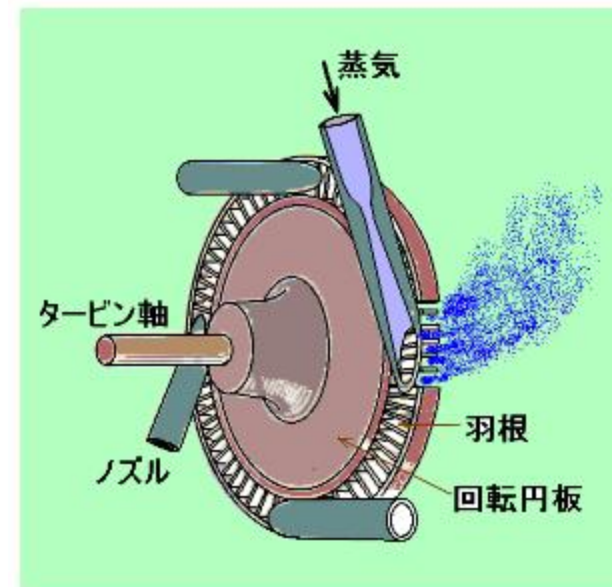
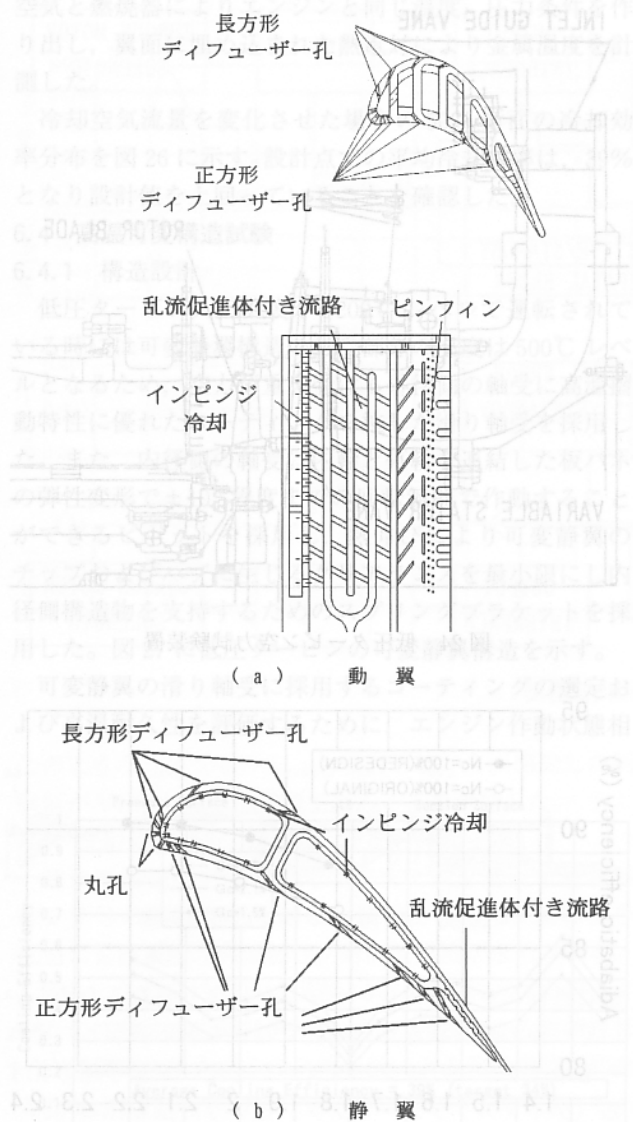


図6-22 翼列内部の流れ損失



構造

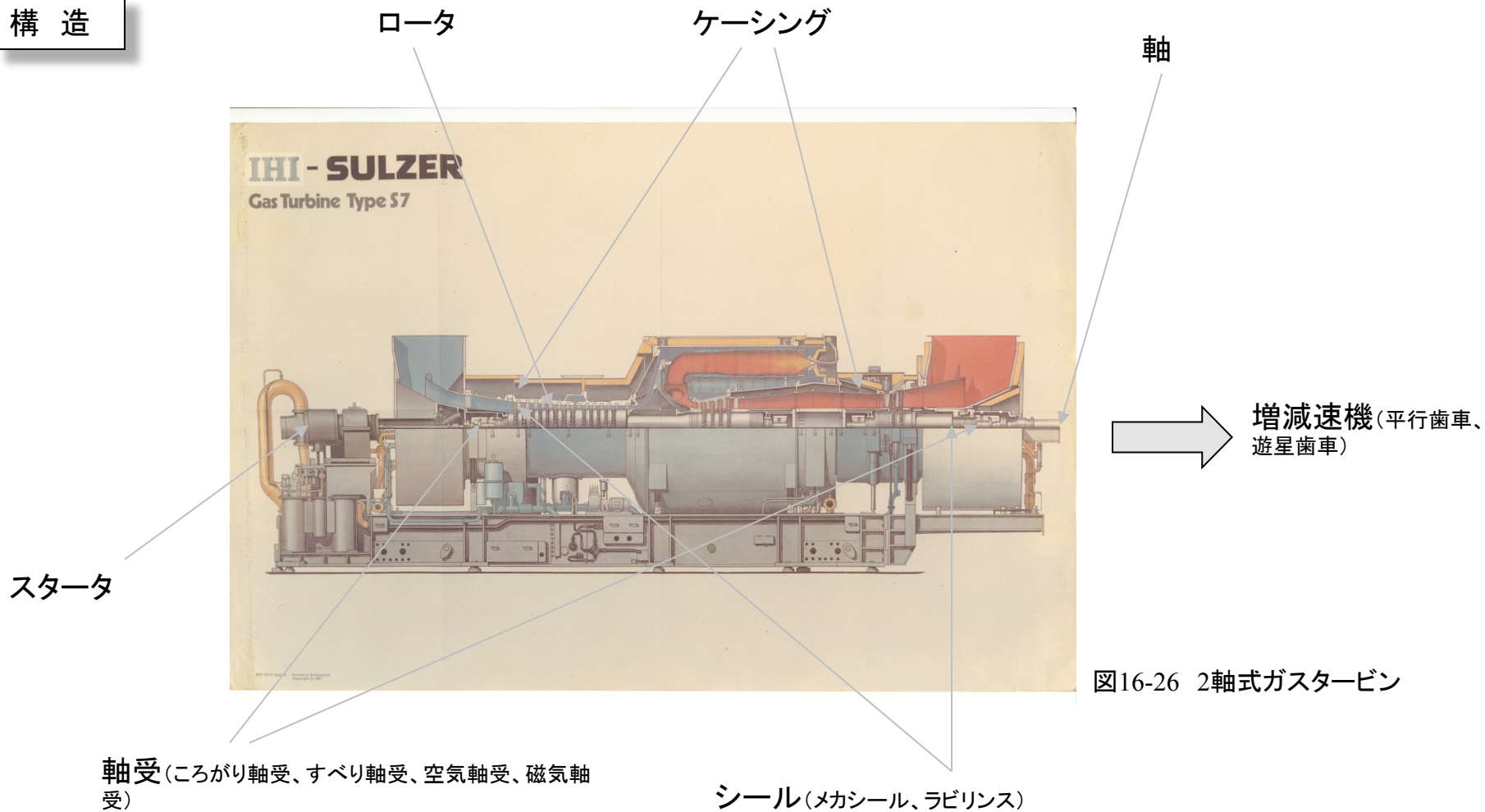


図16-26 2軸式ガスタービン

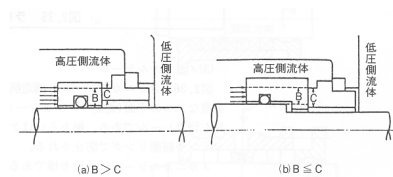
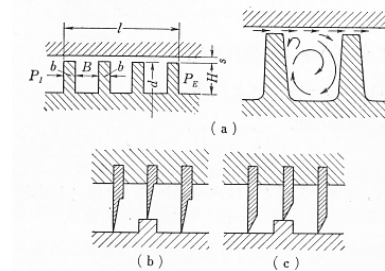


図2.37 メカニカルシールのバランス



第 5.17 図 ラビリンス・パッキングにおける漏れとその構造例

表6-1a 製造品出荷額(百万円)

	蒸気機関、タービン、水力タービン製造業	空気圧縮機、ガス圧縮機、送風機製造業
H11	362657	584513
H12	455264	681922
H13	827266	618318
H14	761920	384296
H15	366987	407660

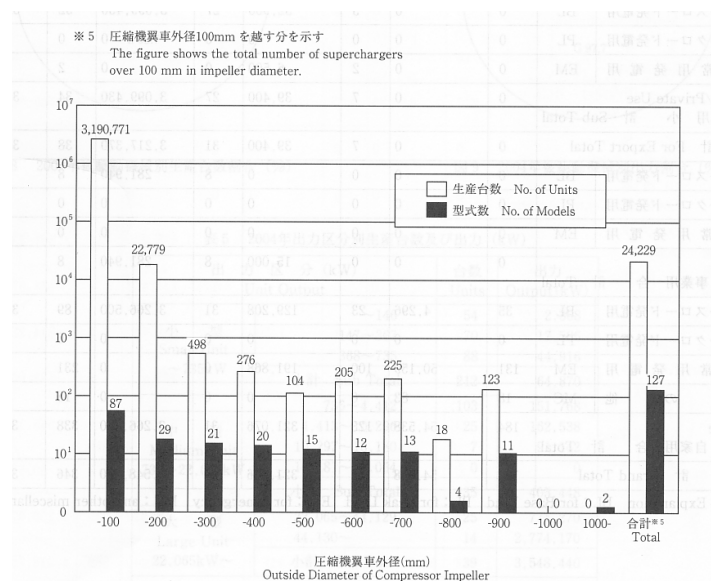


図10 2004年過給機生産台数及び型式数

図6-26a 過給機生産統計

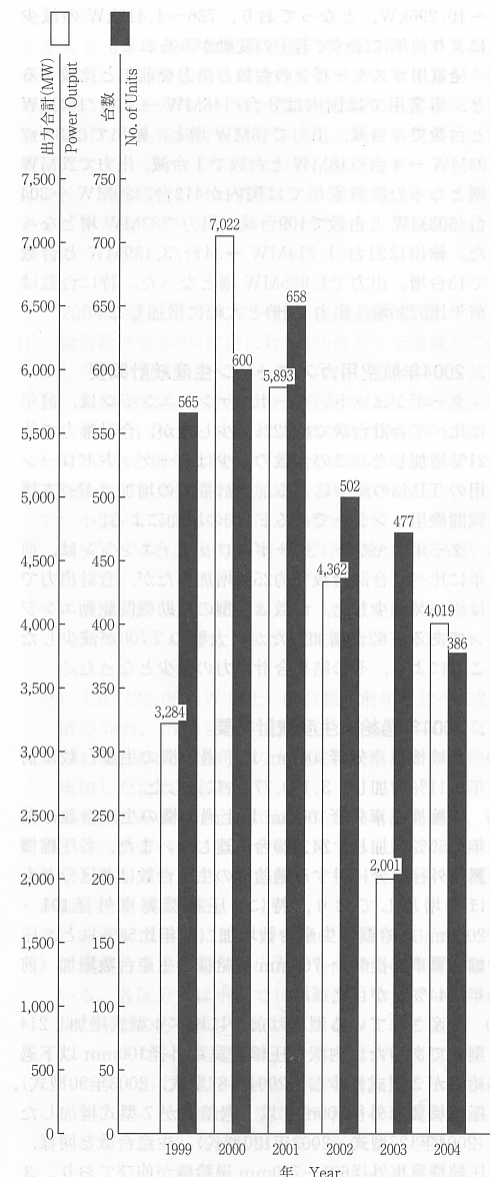


図1 陸船用ガスタービン

図6-26b ガスタービン生産統計

課 題

コストの差別化	小型高性能化、メンテナンスコスト低減
性能の差別化	圧縮過程、膨張過程での性能向上(流れの渦・剥離損失防止、漏れ損失低減)、パッケージ化(静粛性)、遠隔監視操作
最適仕様の提案	流量、圧力、動力(または出力)、給排気設備(消音器、フィルタ)、補機設備(潤滑油、燃料、冷却水)、運転操作盤(警報装置)、計測機器
アフターサービス	定期点検、エア・オイルのフィルタ交換、予備機との交換(車両用ターボセンターセクション、ジェットエンジンのモジュール交換、軸受交換)
安全性・信頼性	故障停止率の低減、等価運転時間管理、タービン長寿命化

キーワード

効率	所定の圧力比に対して圧縮の場合は温度上昇を最低にして動力を最小に、また膨張の場合は温度降下を最大にして最大の出力を得るのが効率向上になる。効率を下げる要因は、流路の渦、壁からの剥離、漏れ等である
断熱変化	気体を外部との熱の出入りをなくして圧縮・膨張する変化。気体を断熱圧縮するとそのとき加えられる仕事を受けて気体は高温となり、断熱膨張では低温となる
冷却翼	ガスタービンのタービン静翼・動翼は運転中最大1600℃の高温ガスに曝されるので材料の強度を保持するため翼内部を空気で冷却する構造を持つものがある
マッハ数	気体の流れの速さ(流速)を音が気体中を伝わる速さ(音速)で割った値。超音速とはマッハ1以上、遷音速はマッハ0.7～1.0をいう。流体機械でマッハ1付近の流れは、境界層の剥離や衝撃波など特異の現象を生じる
サージング	流体が機械内の通路で剥離することにより激しく脈動の振動を起こすこと。長く続けると翼などの損傷につながる恐れがあり、危険である

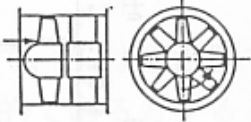
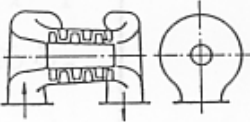
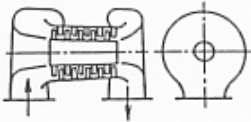
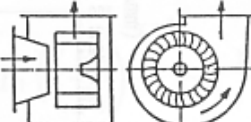
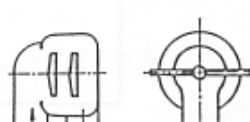
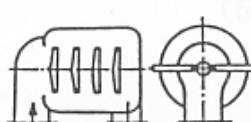
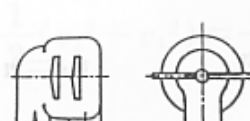
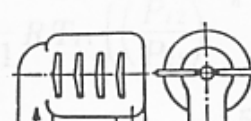
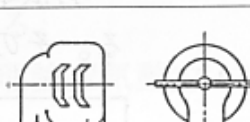
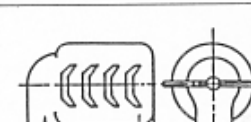
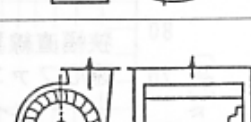
表6-1 翼列の流れ損失

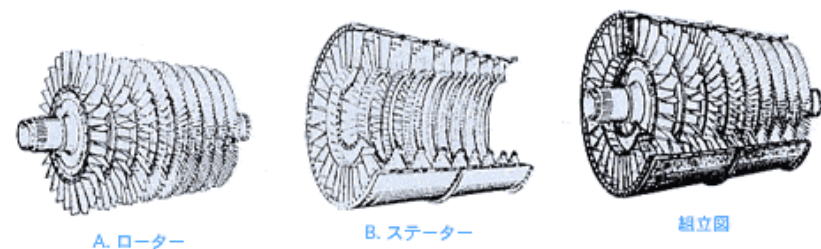
(1) 流体力学的損失

- 水力損失 摩擦損失：管内流との対比で見積る。
 (水力効率 η_h) 衝突損失：羽根入口における流れの方向と羽根取り付け角の相違による。
 漏れ損失：回転部と静止部の隙間からの漏れ。
 (体積効率 η_v)

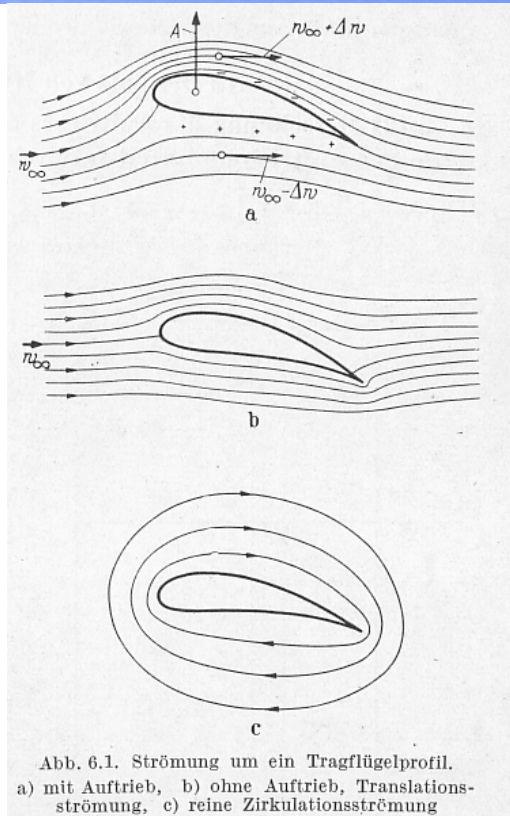
(2) 機械損失・伝導損失(機械効率 η_m ・伝導効率)

- 機械摩擦損失 ┌ 軸受の摩擦
└ シール部の摩擦
 動力伝導装置、減速機などにおける損失
 円板摩擦損失：羽根を取り付けた円板部が流体中で回転する際の摩擦損失。

名 称		送風機		圧縮機
		ファン	ブロワ	
圧力 種別		10kPa未満 (0.102kgf/cm ² 未満)	10以上 100kPa未満 (0.102以上 1.02kgf/cm ² 未満)	100kPa以上 (1.02kgf/cm ² 以上)
軸 流 式	軸 流			
	多 翼		/	
遠 心 式	ラ ジ ア ル			
	後 向 き			
斜 流 式	斜 流			
横 流 式	横 流		/	



参考図6-1 ターボ送風機および圧縮機の分類

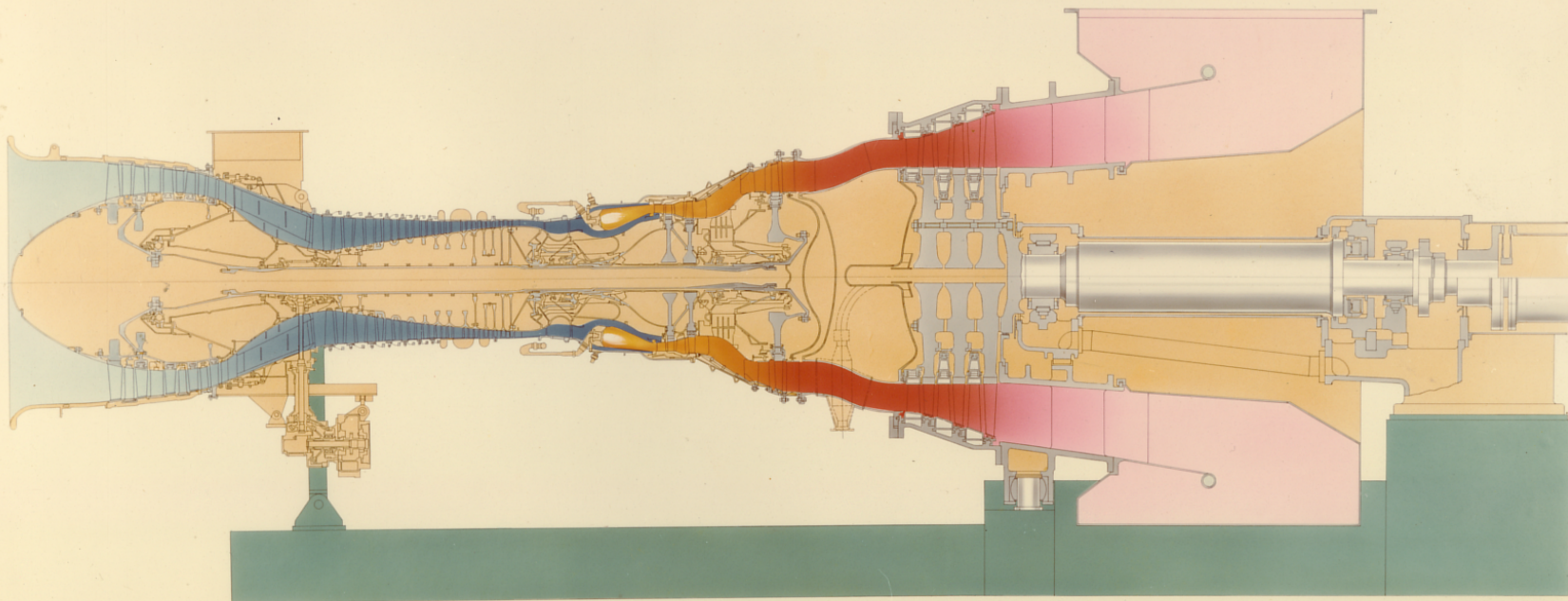


参考図6-2 航空機翼の周辺の空気流れ

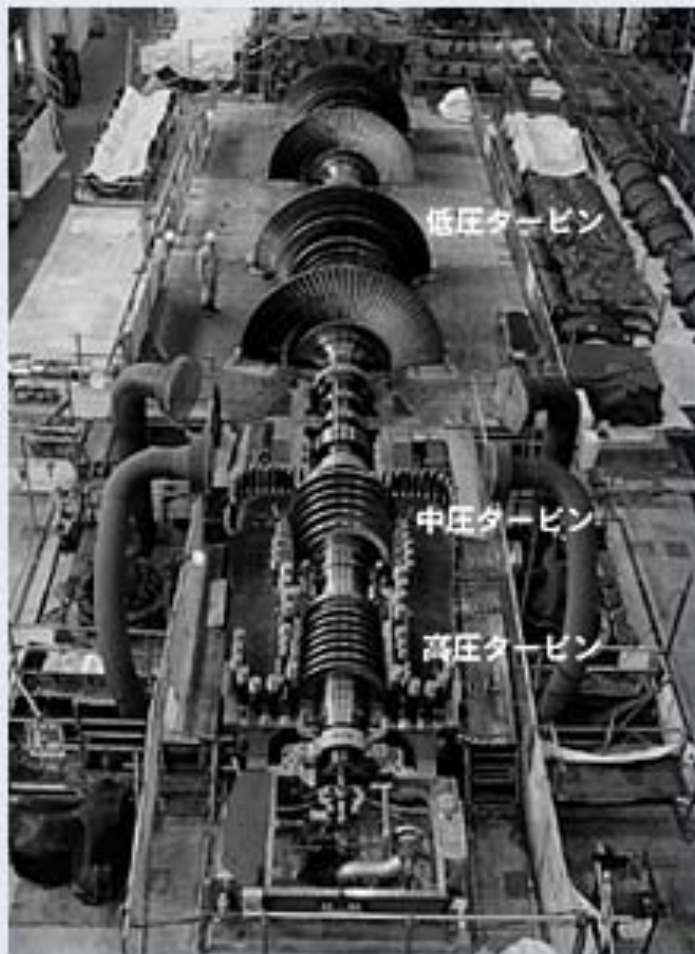


参考図6-3 ボイラファン

IHI IM5000



参考図6-4 航空エンジン転用型ガスタービン



(a) 北海道電力株式会社納め
苫東厚真4号機超々臨界圧蒸気タービン
(出力：700MW，蒸気条件：25MPa/600/600℃)



(b) H-25 ガスタービン(出力：25MW，入口ガス温度：1,260℃)

参考図6-5 発電用蒸気タービンとガスタービン



ボアスコープ検査 (Olympus社)



タービン流量計 (Oval)



燃料流量調節弁 (中北)

参考図6-6 ターボ機器の検査・測定機器

参考資料

1. ターボ機械－入門編 ターボ機械協会編 日本工業出版 1989.12.28
2. 空気圧縮機 松隈正樹 (財)省エネセンター 2005.7.20
3. 遠心・軸流送風機と圧縮機 生井武文 朝倉書店 1960.12.1
4. ジェットエンジン理論 浜島操(訳)原文はロシア語 コロナ社 1959.9.30
5. ガスタービン学会会誌 各号
6. 平成15年工業統計 経済産業省経済産業政策局調査統計部 H17.4発行
7. 各社HP

