

パッケージ形ガスタービン発電機

Package-type Gas Turbine Generator

西 政 隆* 岸 野 竜 夫*
Masataka Nishi Tatsuo Kishino

要 旨

パッケージ形ガスタービン発電機は、本質的には従来のスチームタービン発電機と同じであるが、発電機の構造、特性にかなりの特長をもたせて、パッケージ形ガスタービン発電設備の特長を十分に発揮できるようにしている。本稿ではこれらの特長をとりあげ概述した。

1. 結 言

パッケージ形ガスタービン発電機のおもな特長は次のとおりである。

- (1) コンパクトな構造となっており、据付面積が少く簡単な基礎ですみ、かつ屋外設置が可能であるため、据付工事費が安価で、据付期間も短かくてすむ。
- (2) 冷却水の無い場合でも運転できるようにするため、空気冷却器付と別に、開放管通風方式を採用している。
- (3) 都市近郊での運転に支障なきよう低騒音機となっている。
- (4) ガスタービン出力対周囲温度特性に近似した発電機の出力対周囲温度特性をもたせているので、出力の協調が可能である。
- (5) 起動に必要な時間が極めて短いため、ピークロードまたは保安電源用として有効である。

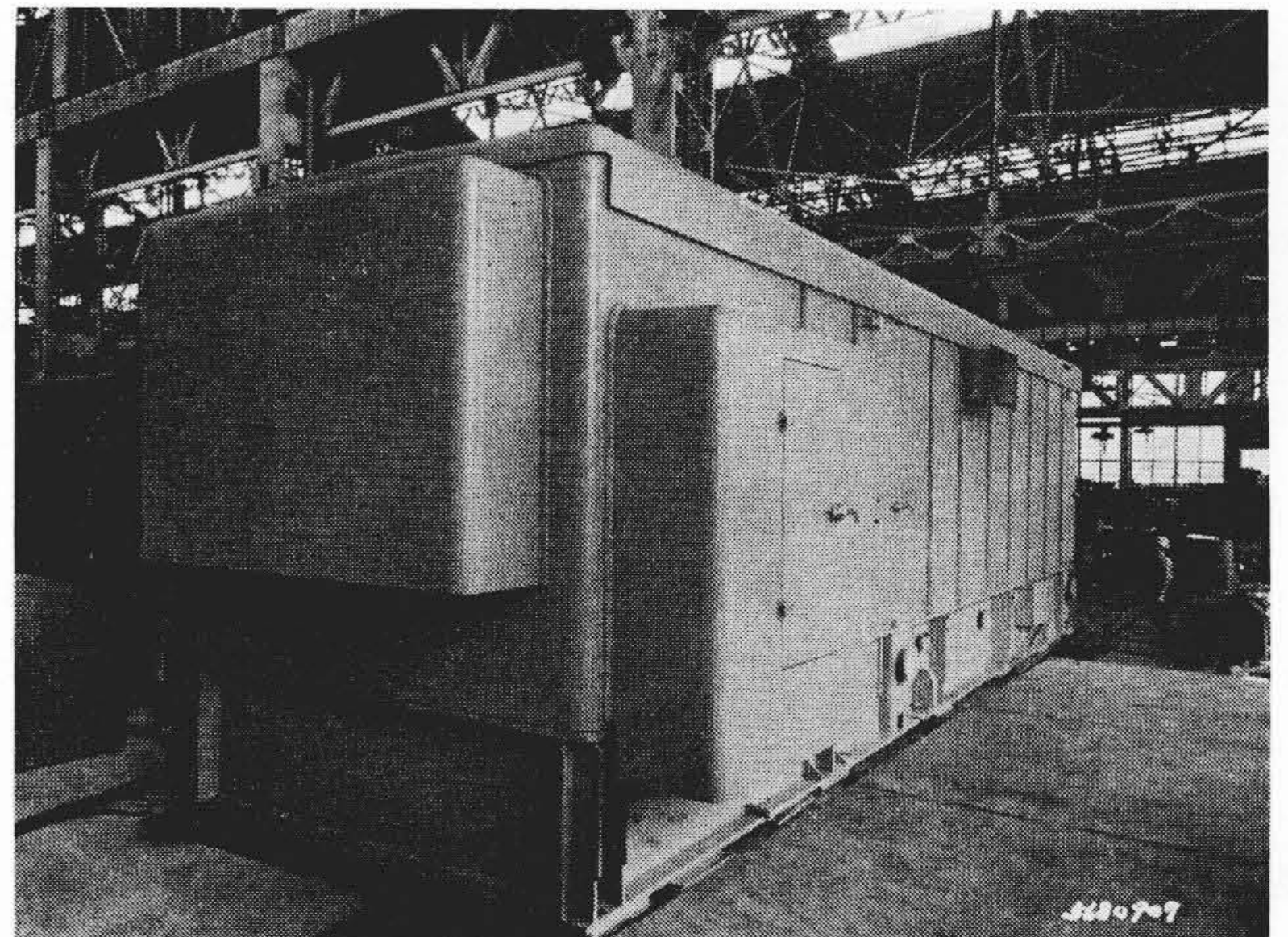
2. 発電機パッケージの構造

発電機パッケージの構造例（開放管通風方式）を図1に示す。日立標準の発電機パッケージは、減速機、発電機、直結励磁機および付属機器より構成されている。これらはすべて溶接鋼板製の共通ベース上におかれ、エンクロージャ内におさめられて屋外形となっている。発電機パッケージは工場で完全に組み立てられたのち発電所まで一体輸送されるので、現地据付作業はガスタービンパッケージとの直結、センタリング、電気配線その他の付帯作業のみとなり、また複雑な架台もなく簡単な基礎ですむため据付工事費は安価であり、据付期間も短かくてすむ。

発電機パッケージ外観例（開放管通風方式）を図2に示す。パッケージ両側面および端部のダクトは、それぞれ冷却空気の入排気孔である。開放管通風方式を採用すると冷却水が不要となり、冷却水供給設備も不要となる。一方本通風方式では冷却空気中に含まれるじ

んあいの浄化および騒音対策が要求される。図3に発電機パッケージの通風方式および騒音対策用のサイレンサ配管を示す。発電機パッケージの通風は、発電機回転子の両端に取り付けられた高性能のラジアルファンによって行なわれる。冷却空気は発電機パッケージ両側面に設けられた入口ダクトよりパッケージ内にはいり、エアフィルタによって浄化される。この空気は発電機ファンによって発電機内に吸い込まれ、パッケージ端に設けられた外側ルーバーを通り、出口ダクトから外気中へ排出される。発電機集電環および直結励磁機は、発電機内の圧力の高いセクションから冷却空気を供給され、独立した別の出口ダクトから大気中へ排出される。

冷却空気温度は、発電機入口空気温度が一定温度以下にならないように自動的に調節されるようになっている。一定温度以下になると、外側ルーバーは閉じる方向へ、内側ダンパは開く方向に動き、発



(開放管通風)

図2 パッケージ形ガスタービン発電機外観例

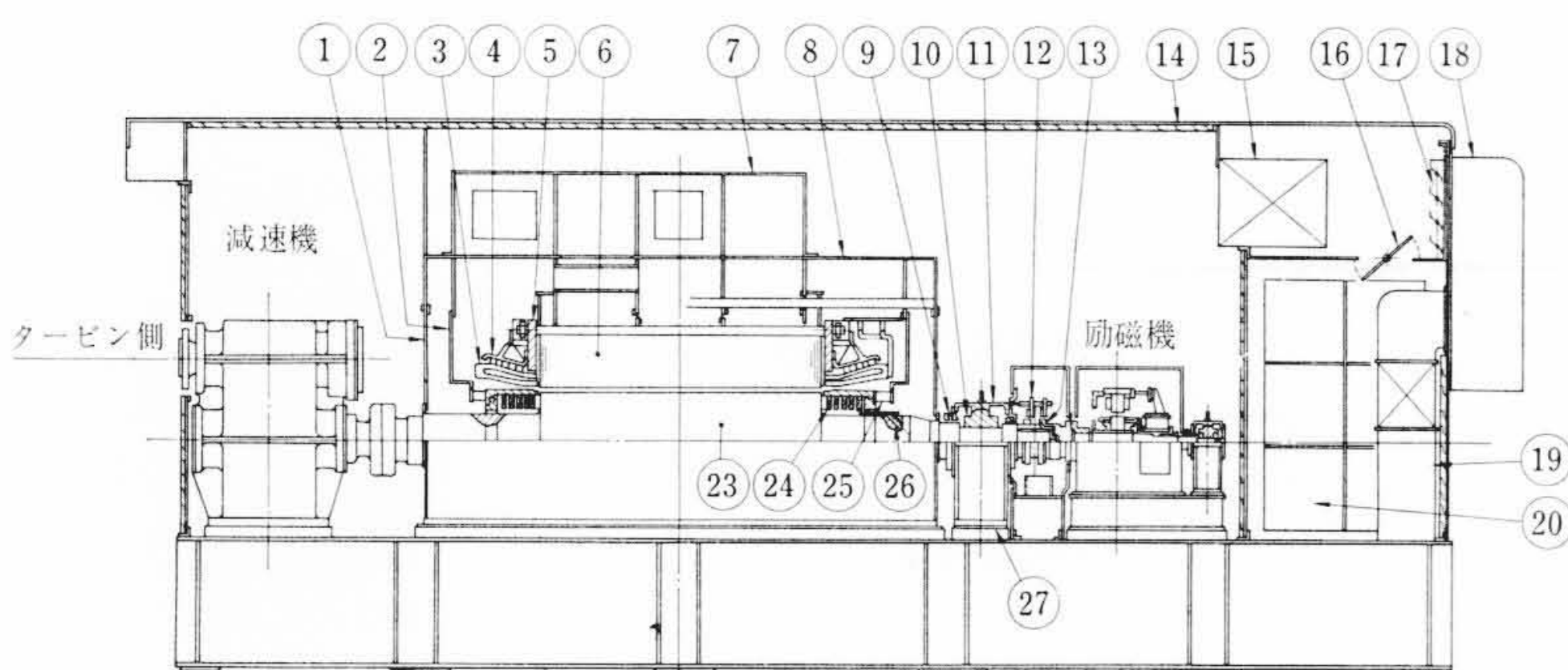


図1 パッケージ形ガスタービン発電機全体構造図例 (開放管通風方式)

- ① エンドカバー
- ② インナエンドシールド
- ③ 固定子コイル
- ④ コイルささえ
- ⑤ ステータコアクラン
- ⑥ 固定子鉄心
- ⑦ サイレンサーわく
- ⑧ 固定子わく
- ⑨ オイルデフレクター
- ⑩ 軸受
- ⑪ ベースタル
- ⑫ ブラシホルダサポート
- ⑬ コレクタリング
- ⑭ ルーファ
- ⑮ サイレンサー
- ⑯ 内側ダンパ
- ⑰ 外側ルーバー
- ⑱ ダクト
- ⑲ ダクト
- ⑳ フィルタ
- ㉑ サイドパネル
- ㉒ ベース
- ㉓ 回転子
- ㉔ 回転子コイル
- ㉕ フォール
- ㉖ 接続
- ㉗ 絶縁板

* 日立製作所日立工場

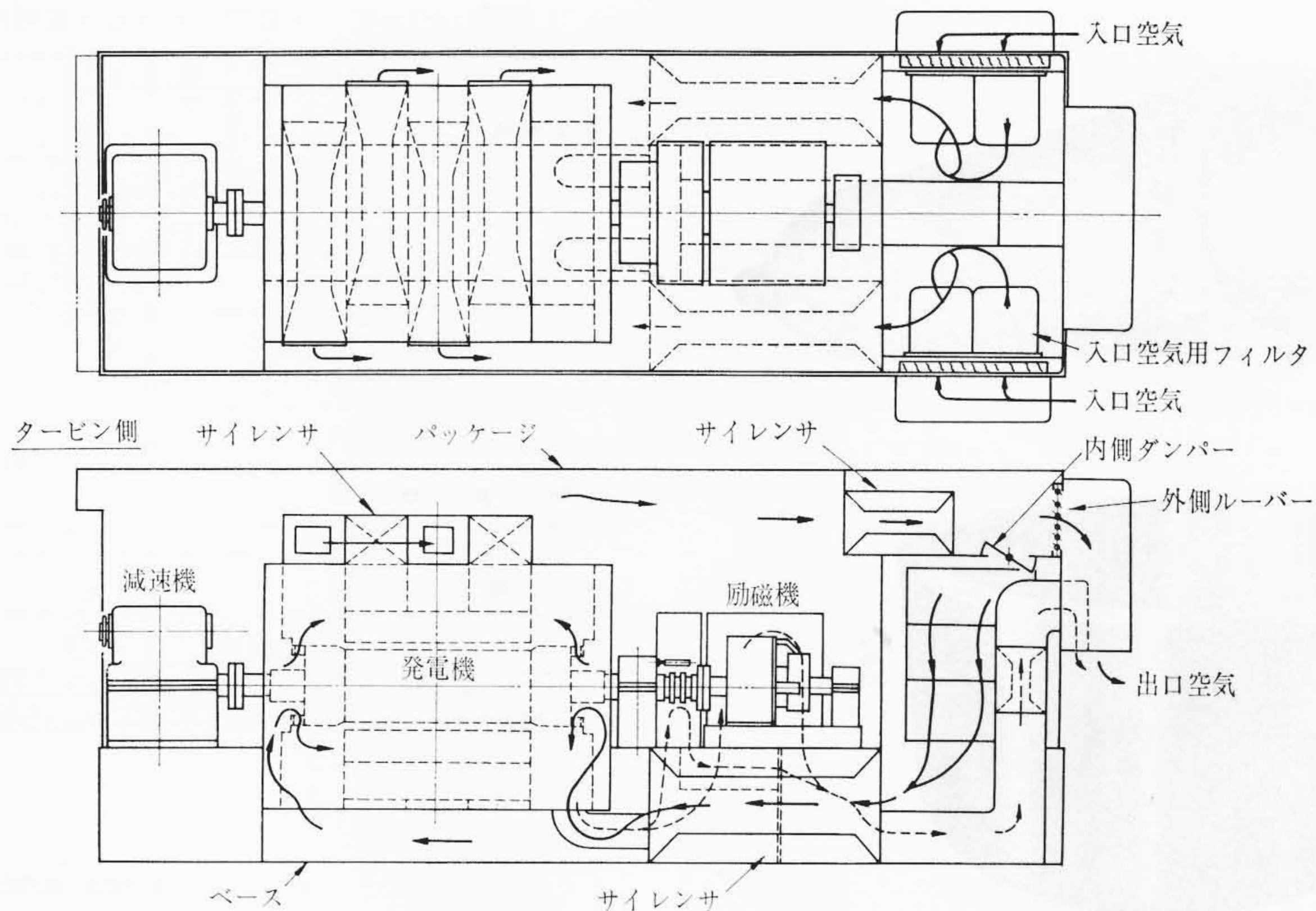


図3 通風およびサイレンサ配置説明図例 (開放管通風方式)

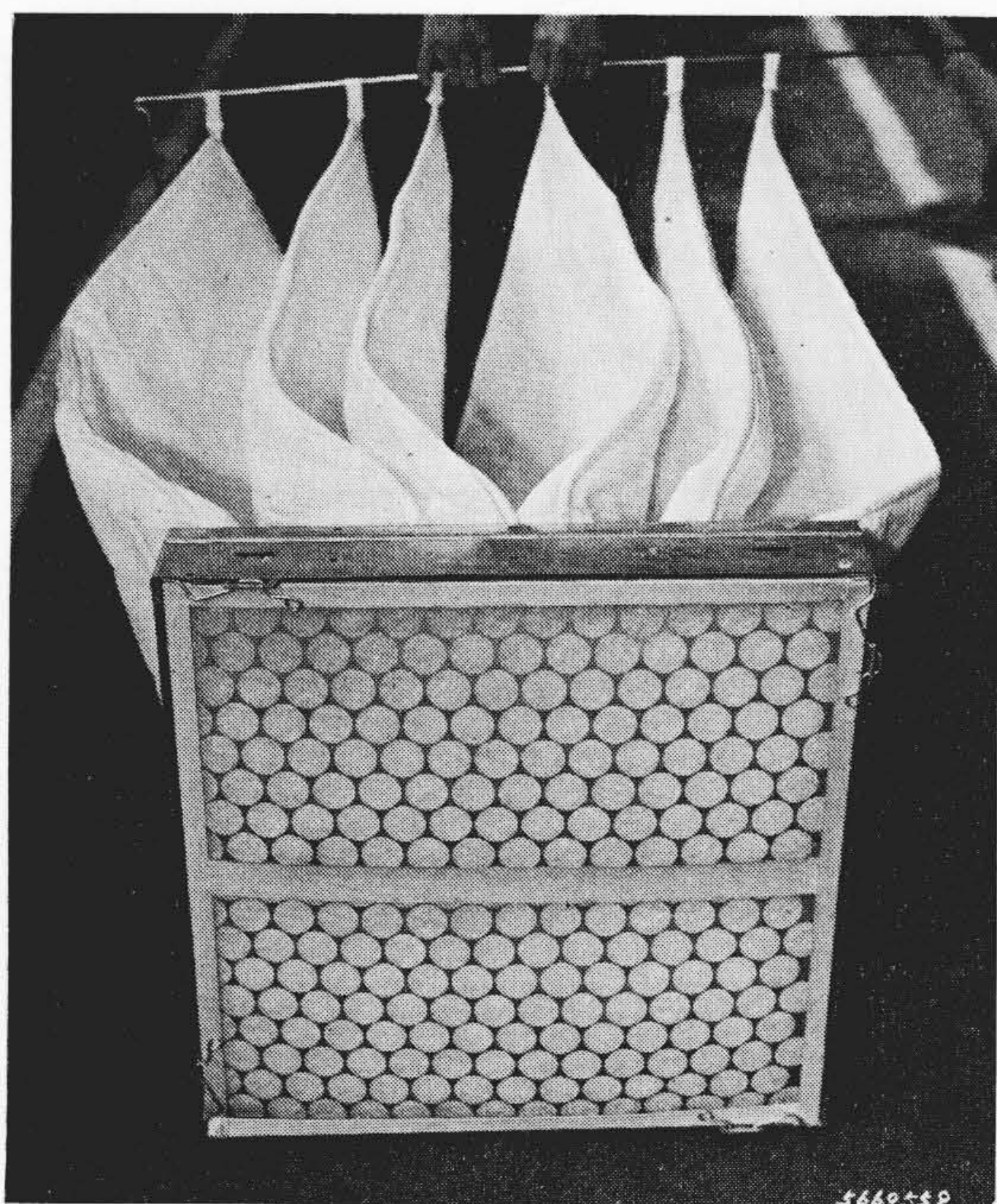


図4 エアフィルタ

電機排気の一部を内側ダンパーを通して発電機内に循環させることにより、冷却空気温度が一定温度以下にならないようにしている。これは低温での発電機運転をさけるためである。

騒音対策用のサイレンサは発電機パッケージの出口および発電機入排気部と励磁機出口に効果的に配置されている。また発電機パッケージのエンクロージャに取り付けられているパネルには吸音材を使用している。

減速機はガスタービン高速回転を減速して発電機周波数を 50 Hz または 60 Hz とするために使用される。減速機は数多くの設計改善の結果、高効率、高信頼性でかつ騒音、振動の低い構造となっている。減速機のピニオンとギヤーは平行軸形で、軸と一体の鍛造品である。歯はダブルヘリカルで歯車に推力が発生しないようになっている。減速機とガスタービンは、フレキシブルカップリングにより直結されている。

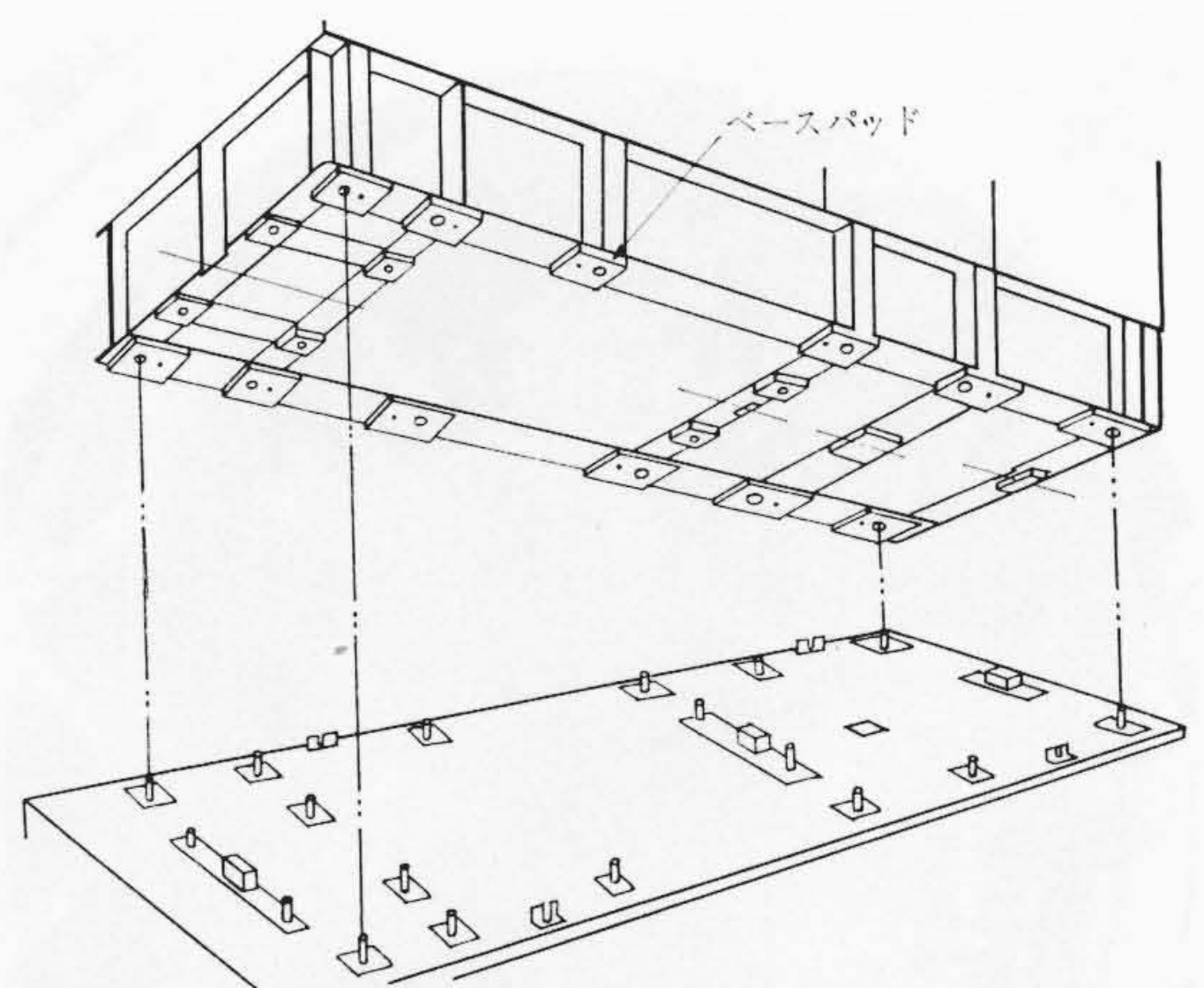


図5 ベース

発電機と励磁機回転子の軸方向位置を規定するため、従来は減速機内に推力軸受を設けていたが、この軸受は上述のフレキシブルカップリングを通してガスタービン軸から伝達される推力にも耐えるだけの大きさを必要とする。最近ではこの軸受をとりやめ、ガスタービン側の推力軸受1個で、ガスタービン、発電機および励磁機各回転子の軸方向位置を規定する構造が採用されている。このようにすると、減速機内推力軸受損失が無くなり、また減速機保守の手間も軽減される利点がある。

また最近の減速機にはたわみ性のあるクイルシャフトが採用されるようになった。この場合は、発電機の減速機側軸受は減速機内に設けられ、クイルシャフトは減速機ギヤシャフトの中心孔内に設けられる。したがって減速機全長はほとんど従来の減速機長と変わることなく、据付時のセンタリングが容易になった。

溶接鋼板製の共通ベースは、発電機運転時の振動、騒音を最小におさえるため、限られた寸法内で最大の剛性をもたせるように考慮されている。図5に示すように、ベースは両側端に各6個所、減速機および励磁機の下部にそれぞれ4個所の座を有し、いずれもベース上の荷重分布を考慮して位置ぎめされたもので、振動、騒音の低減と据付の容易さの両方を生かしている。また発電機運転中の各部熱膨張により、センタリングがくるうことの無いように、減速機、

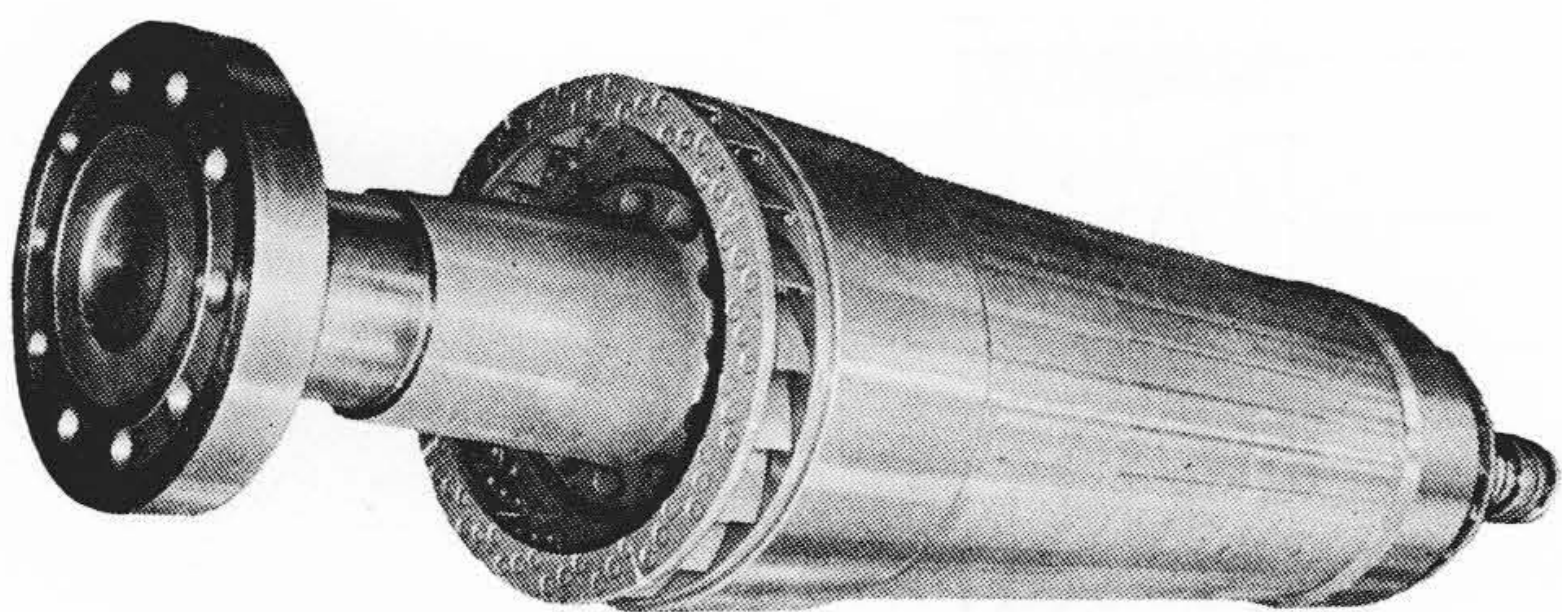


図 6 回 転 子

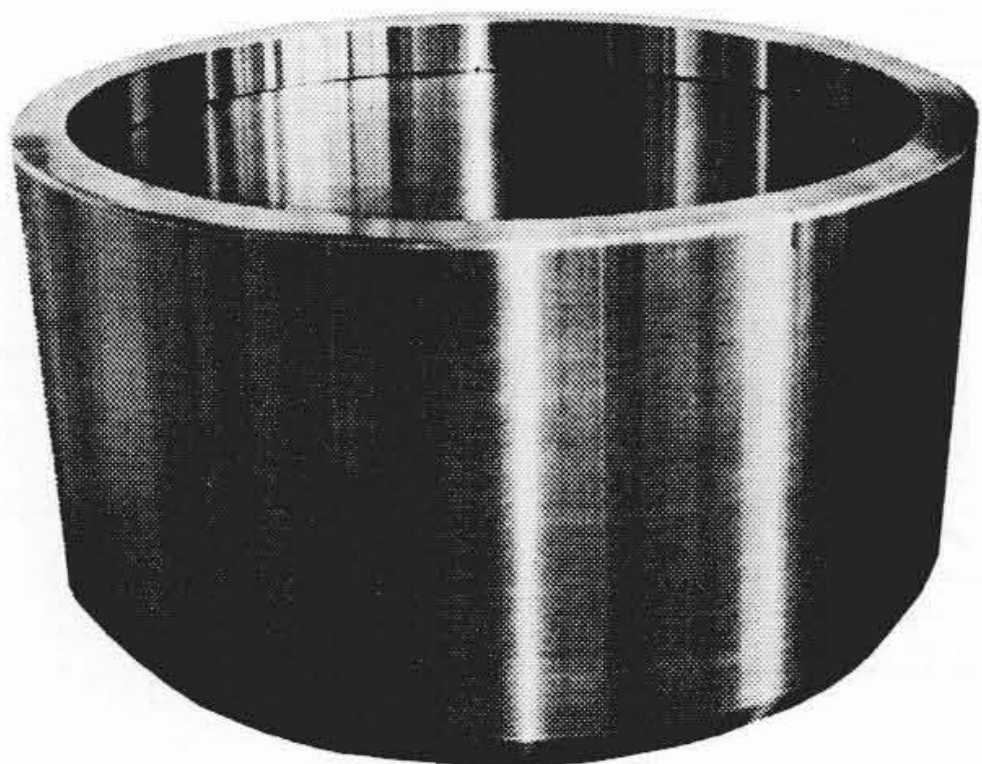


図 7 保 持 環

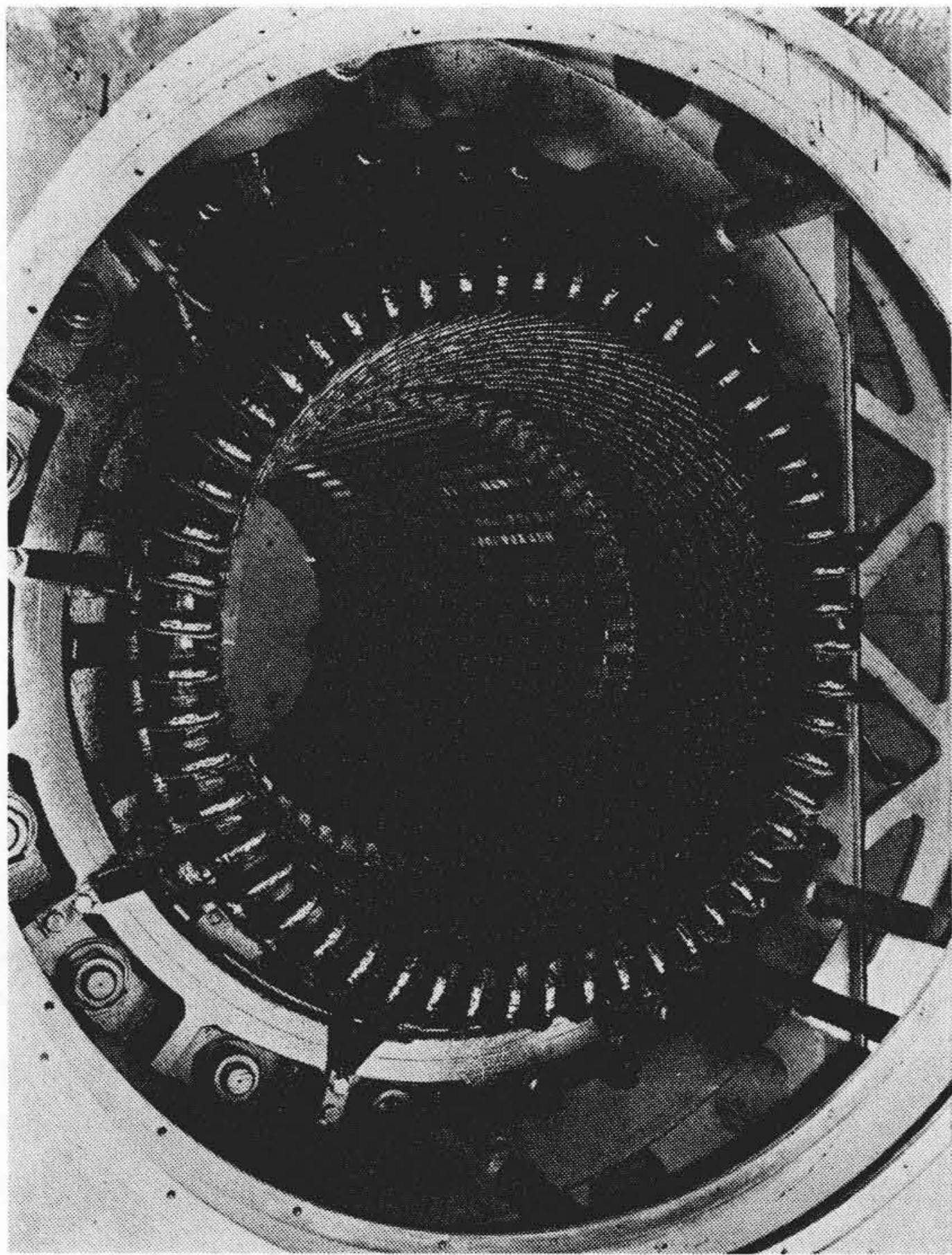


図 8 固 定 子 巻 線

発電機ベデスタルおよびベースの励磁機側端部に各 1 個、計 3 個のセンターキーを設けてベースの横振れを防いでいる。

3. 発 電 機

3.1 発電機の信頼性

発電機のすべての部品のうち、回転子は最も高い応力が発生する。たとえばパッケージ形ガスタービン発電機の標準機 21,176 kVA, 60 Hz, 3,600 rpm 機では、回転子の 1 コイルスロット中にそう入されているコイルの重量は静止時で約 62 kg であるが、3,600 rpm で回転するときは、遠心力によって約 240,000 kg に増加し、これを支持している回転子歯部には高い応力が発生する。回転子軸には高張力、高透磁率の単一鋼塊を使用し、全面にわたり、超音波探傷試験

表 1 パッケージ形ガスタービン発電機標準仕様例

	1	2	3	4	5	6	7	8
空 気 冷 却 器	不付	付	不付	付	不付	付	不付	付
発 電 機 銘 板 定 格								
kVA	18,824	→	21,176	→	18,235	→	21,176	→
PF	0.85							
Hz	60				50			
V	13,800				11,500			
kW	16,000	→	18,000	→	15,500	→	18,000	→
短 絡 比	0.58							
空 気 冷 却 器 冷 却 水 温 度 (°C)		18.7	—	18.7	—	18.7	—	18.7
冷 却 空 気 温 度 (°C) (°F)	26.7 (80)							
RPM	3,600				3,000			
※ 励 磁 機								
kW	60	→	65	→	60	→	65	→
V	250							
減 速 機								
ピニオンスピード (RPM)	5,105				5,082			
ギヤスピード (RPM)	3,600				3,000			

※ 励磁方式には DC, EX, 直結, フランシスおよび静止形がある。

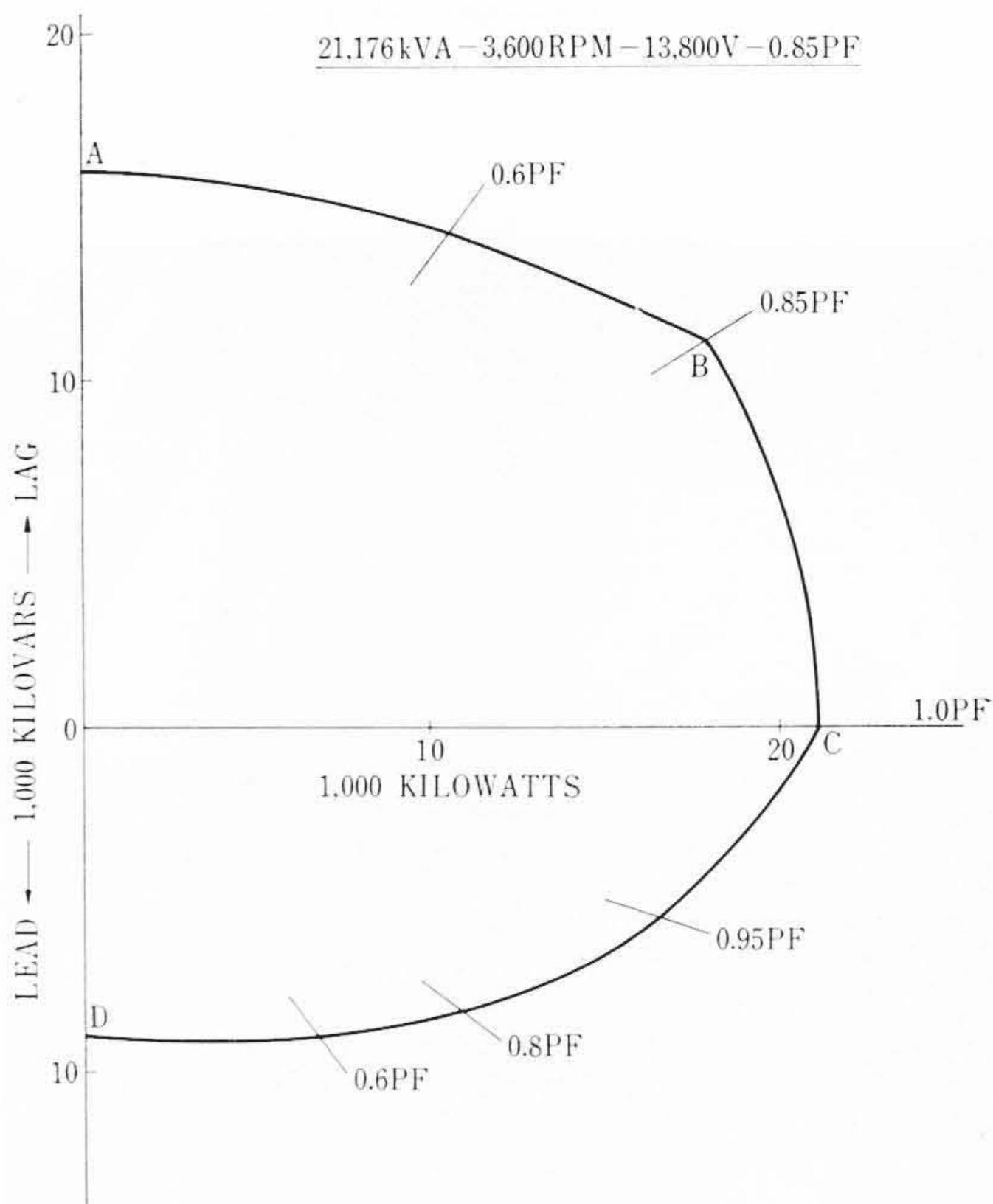


図 9 容 量 曲 線 例

を実施し、また各部から多数の試験片を採取し厳格な試験を行ない、これに合格したものである。

界磁巻線はあらかじめ成形された銅帯を回転子コイルスロットにそう入しながら組み立てたもので、絶縁は強く圧縮されたマイカを主体とする B 種絶縁で、高速回転における強大な遠心力に耐えるように考慮されている。回転子コイル端部に加わる遠心力は保持環によってささえられる。

回転子軸の端部には全長にわたって通風みぞが切っており、回転子胴部両端からこのみぞに送り込まれた冷却風は、通風みぞのくさびに加工された多数の通風孔から空げきに排出して回転子を効率よく冷却している。

固定子巻線にはエポキシレジンを使用している。エポキシレジン は日立製作所で開発した無溶剤の熱硬化性のレジンで熱的、電氣的にすぐれ、また体積収縮率が小さいので絶縁内部の空げきの発生がほとんどなく内部コロナ発生が少ない優秀なレジンである。

3.2 発電機の性能

表 1 にパッケージ形ガスタービン発電機の標準仕様例を示す。図

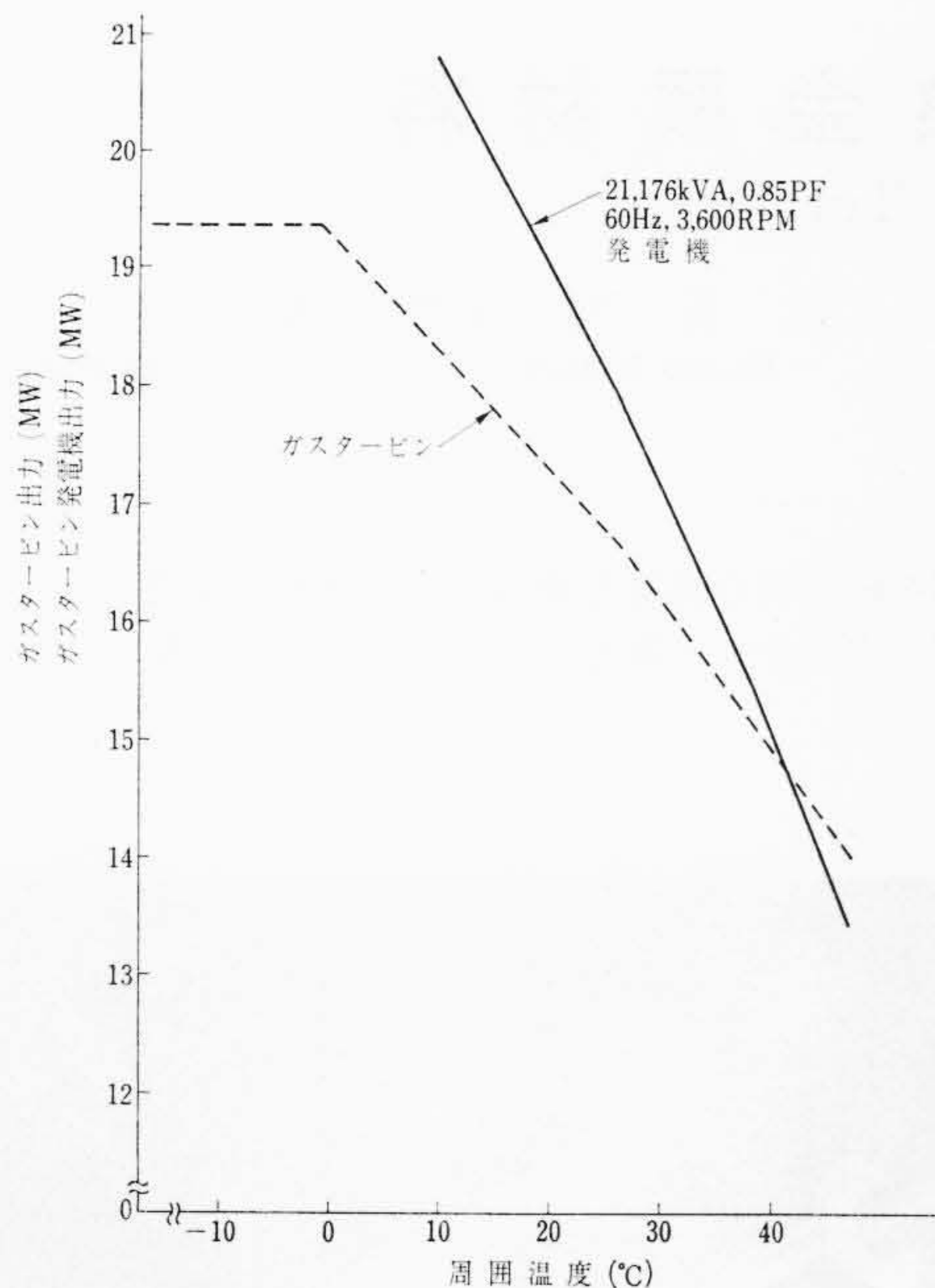


図 10 発電機出力対周囲温度特性例

9 は 21,176 kVA, 3,600 rpm, 13,800 V, 0.85 PF 発電機の容量曲線を示す。カーブ中の A B 部は界磁巻線の温度で制限される領域であり、B C 部は kVA 一定のカーブを示し、C D 部は固定子鉄心のエンドヒーティングおよび安定度によって制限される領域を示す。

図 10 に発電機出力対周囲温度特性の一例を示す。これは回転子巻線温度を一定とした曲線であり、周囲温度が低くなるとその分だけ巻線温度上昇を増加せしめるように発電機出力を増加させたものである。このようにすると、従来のスチームタービン発電機と比較して周囲温度が 40℃ より低い場合には温度上昇が高くなるので、絶縁物がこの条件に十分耐えるように考慮されている。同図にはガスタービンの出力対周囲温度特性を併記したが、発電機の特性はこれに近似していることがわかる。これはガスタービンと発電機の出力協調を可能とし、従来の定格出力一定の発電機を使用する場合に比較すると非常にむだの少ない発電設備となっている。

発電機は停止状態から定格速度まで約 2 分で昇速し、2 秒以内で全負荷投入するという急速起動条件に十分耐える設計となっている。昇速中の振動も非常に低く、なんら問題はない。このためピークロードまたは保守電源用として有効である。

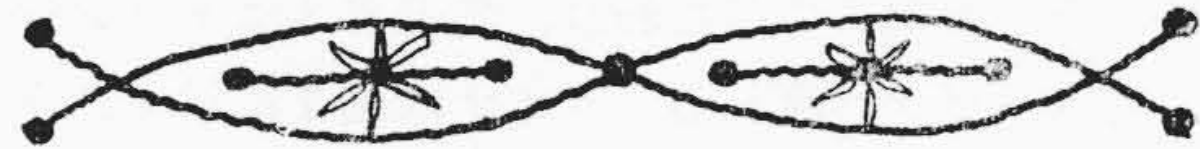
4. 結 言

以上パッケージ形ガスタービン発電機の特長をとりあげて概述した。パッケージ形化によるコンパクトな構造、低騒音、ガスタービンの出力対周囲温度特性に近似した特性および急速起動可能などの特長を有する高性能発電機であることがわかる。パッケージ形ガスタービン発電設備は、従来の一般発電設備の概念を完全に一新する画期的なもので、今後わが国においてもその増加が予測され、発電機としても新しい発展分野として大いに期待される。



登録実用新案 第 803480 号

新 案 の 紹 介



田 沢 阜・森 俊 郎
稲 田 憲

洗

濯

機

排水口と溢水（いっすい）口とを 1 本の排水ホースに接続し、排水ホースを倒したままで洗濯およびすすぎを行なう場合には溢水口からの排水は直接機外に排出され、排水口からの排水はバルブを介して機外に排出されることが要求される。また一般家庭においては使用条件によって排水ホースは左右いずれの方向からでも引き出せることが好ましい。

本考案はこれらの要求を満足するものであって、図に示すようにピンチバルブ 3 の両側に対称に三方継手 8 および 9 を接続し、それぞれの継手の接続部 21 および 22 を中間ホース 23 および 24 を介して洗濯槽 2 の溢水口 5 および排水口 4 に接続し、溢水口 5 に連通した継手 8 に排水ホース 25 を接続したものである。なお排水口 4 に連通した継手 9 の接続部 20 はキャップ 26 にてふさがれていて排水口 5 からの排水はピンチバルブ 3 が開かれない限り排出されない。しかし溢水口 5 からの排水は中間ホース 23、継手 8 を通って自由に機外に流出する。

次にこの洗濯機で排水ホース 25 を左から引き出す場合には中間ホース 23、24 を鎖線 23'、24' で示すように接続し直し、排水ホース 25 とキャップ 26 の接続を変えることによって簡単にできる。この洗濯機では排水ホースを右あるいは左に付けたとき中間ホースは

ピンチバルブの中心に対して対称に配置されるので中間ホースはそのまま使用できる。
(岩田)

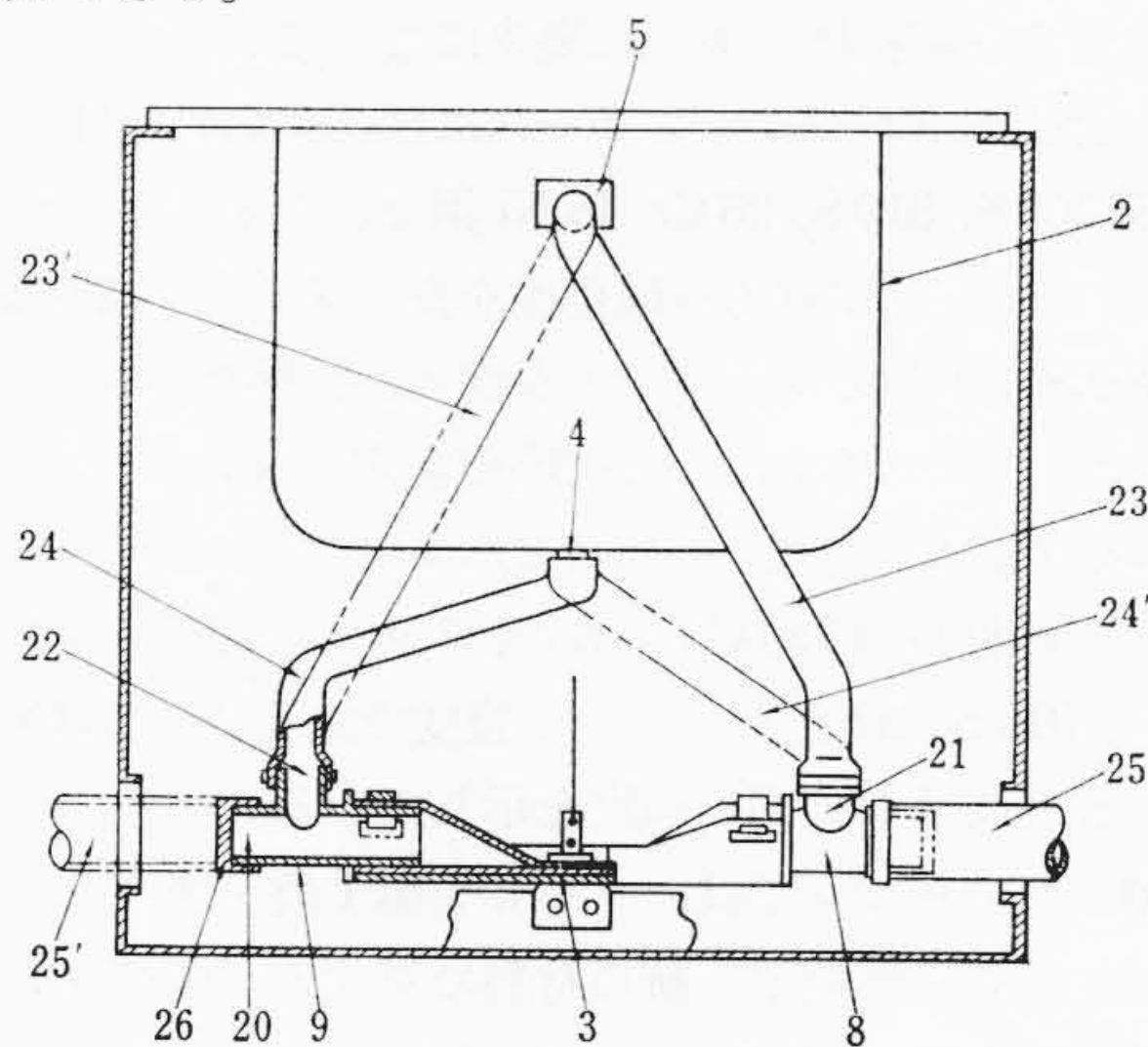


図 1