

日立—ピニョーネ形パイプライン圧縮機

Hitachi-Pignone Type Pipeline Compressor

近年、世界の各地で石油と並ぶ大きなエネルギー源としての天然ガスが開発されている。ガス田より集められた天然ガスを圧送するために、パイプライン圧縮機設備がある。日立製作所は、昭和52年に我が国で最初のガスタービンで駆動される10 MWクラスのパイプライン圧縮機5台を製作し、ソ連ガス工業省へ納入した。

圧縮機は、日立—ピニョーネ形遠心式PCLモデルであり、本稿では、パイプライン用の圧縮機標準モデル、及び特徴などについて紹介する。

藤井正大* Fujii Masahiro

阿部嘉明** Abe Yoshiaki

1 緒言

天然ガスの採取に当たっては、ガス田でのガス捕集設備、パイプラインによるガス圧送設備、ガス液化処理設備など、その関連設備は多岐にわたるが、日立製作所は、ガス圧送設備の代表機種ともいわれるべき、パイプライン圧縮機で10 MWクラスの製作納入経験をもつ我が国唯一のメーカーである。

昭和52年にはソ連ガス工業省向け10 MWクラス圧縮機、日立—GEタイプガスタービン駆動PCL800モデル、パイプライン圧縮機5台を完成した¹⁾。本稿では、日立—ピニョーネ形パイプライン圧縮機の標準モデル、その構造と特徴、シール油系統などについて述べる。

2 パイプライン圧縮機の標準モデル

一般の各種プラントに使用される圧縮機は、風量、圧力、取扱いガスなど、その仕様は多種多様であるため、この種の圧縮機の設計では、プラントの仕様に合わせてその都度設計される。日立製作所の遠心式圧縮機の設計では、これらの圧縮機の基本計画から計画図及び工作図の作図に至るまで電子計算機を使った自動設計システム²⁾によって行ない、信頼性の確保を図っている。

パイプライン圧縮機では、天然ガスを取り扱い、その流量、圧力はある範囲内にあるため、これらの仕様を満足する標準モデルを用意しておくことが、設計製作及び運転保守上からも得策である。

一般に、パイプライン圧縮機の駆動機としては、ガスタービンが使用されることが多いので、日立製作所で製作している日立—GE形ガスタービンのモデルに対応させて3種類の圧縮機モデルを準備している。

2.1 駆動機の対応と流体性能面からの標準化

ガスタービンの定格回転数によって圧縮機を標準化し、増速歯車装置を使わない方式としている。圧縮機の吸込風量は約3,000~100,000 m³/hとし、これを三つのモデルでカバーできるようになっている。すなわち、称呼羽根車直径500 mm(モデルPCL500)、直径800 mm(モデルPCL800)、直径1,000 mm(モデルPCL1000)の3モデルで、それぞれのモデルでの最大組込可能羽根車枚数は4枚、3枚、2枚となっており、図1に示すような風量及びヘッド範囲をカバーできるようになっている。また、各モデルの吸込及び吐出しノズル口径は、それぞれのモデルについて2~3種類の選択が可能となっており、配管径に合わせるできるようになってい

る。各モデルの圧縮機とGEモデルガスタービンとの関連を表1に示す。こうした標準モデルの羽根車枚数、羽根車径及び出口幅の最適組合せを選択することによって、種々のプラント仕様にマッチした性能を得ることができる。なお、どのモデルについてもその最高使用圧力は100 kg/cm²として標準化している。

2.2 構造面からの標準化

各モデルの流体性能に関連する部品(羽根車を含むロータ、ダイヤフラム)だけを組み替えることによって、規定の性能が得られるようになっている。すなわち、ケーシング、軸、軸受、シール部などの部品は、最大羽根車枚数と最大羽根車径に適合するように設計されている。その構造例を図2に示す。

最小の部品交換によって、羽根車段数を自由に変えられることは、ガス田の圧力が年とともに低下するような場合には、羽根車枚数を増加させて、必要な圧送圧力を維持することができ、極めて好都合なことである。なお参考までに各モデルの寸法と重量を表2に示す。

3 圧縮機の特徴

パイプライン圧縮機の据付場所としては、広大な砂漠や寒冷地などのように、輸送や人の派遣が必ずしも容易ではなく、自然環境も厳しい場所が多い。このために、圧縮機としては信頼性が高いこと、輸送や据付が容易であることが何にも増して重要なことである。こうしたことから、日立—ピニョーネ形パイプライン圧縮機PCLモデルには、次に述べるような特徴をもたせてある。

(1) ピニョーネ社の160台以上に及ぶ実績に裏付けされた信頼性の高いモデルである。

(2) 吸込ノズル及び吐出しノズルは、水平方向で左右対称、すなわち吸込ノズル及び吐出しノズルの中心が一直線上にあり、パイプライン中に組み込みやすい構造となっている。

(3) 圧縮機本体とシール給油装置及び現場計器が一体のコンソール上にまとめられた、いわゆるパッケージタイプとなっている。

(4) 外ケーシングは鋼製のバーレル形となっており、駆動機側のエンドフランジは外ケーシングに溶接され、反対側のエンドフランジは、ボルト締めによって外ケーシングに固定されている。したがって、分割組立が容易で、ガス漏れ防止に対して、極めて有利な構造となっている。

* 日立製作所機電事業本部 ** 日立製作所土浦工場

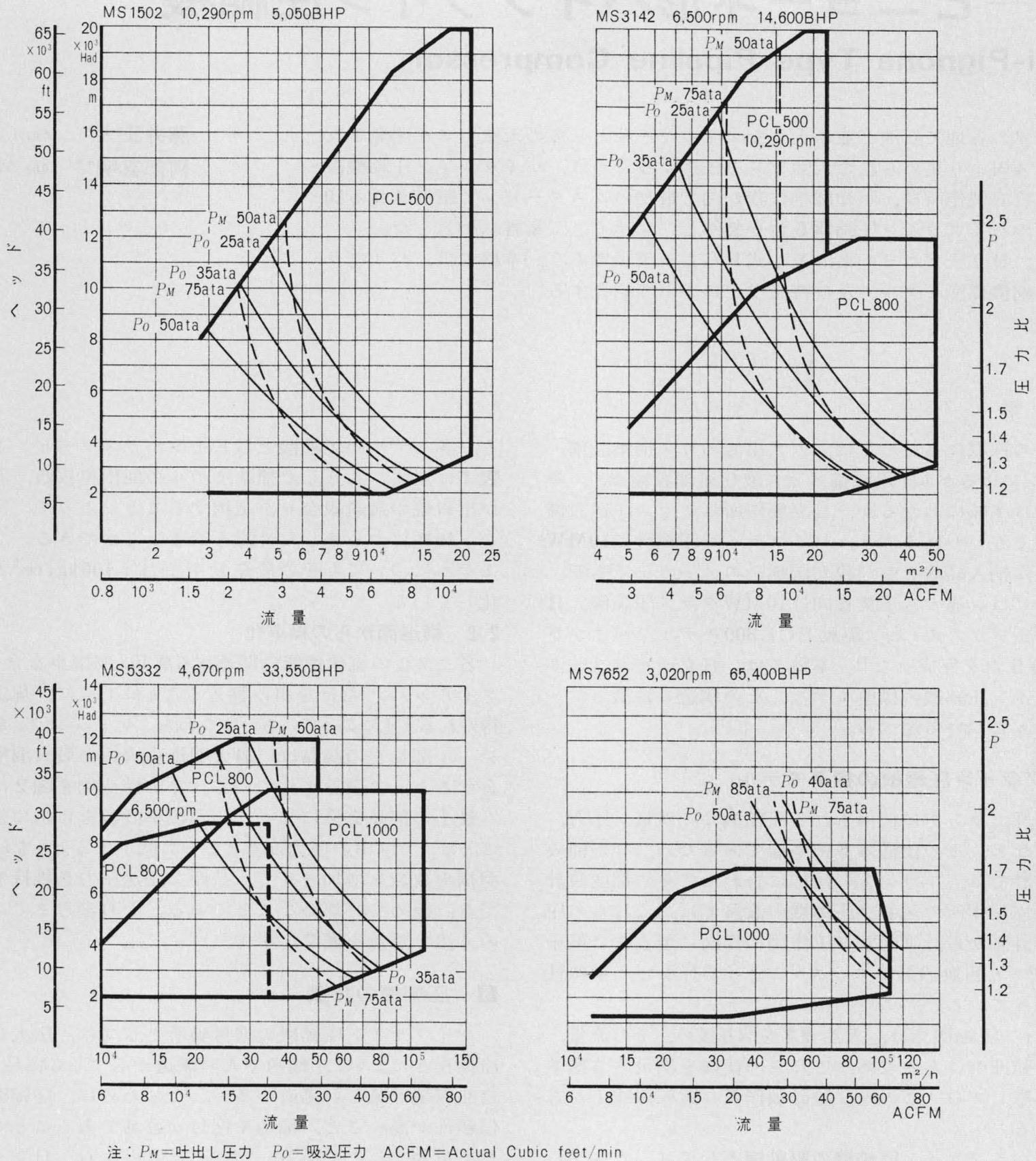


図1 圧縮機モデルと風量及びヘッドの関係 各モデルのカバーできる風量及びヘッドの範囲と駆動用ガスタービンの関係を示す。

表1 圧縮機モデルと日立-GE二軸ガスタービン標準モデルとの関係 圧縮機は、ガスタービンの回転数に合わせて設計されている。

圧縮機モデル 形式名	インペラ段数	インペラ径 (mm) 最小-最大	ノズル口径 (in)	ガスタービン		
				モデル	出力(HP)	回転数 (rpm)
PCL 500	1, 2, 3, 4	450~600	16	MS1502B	5,050	10,290
			20			
PCL 800	1, 2, 3	700~950	24	MS3142	14,600	6,500
			30			
			36			
PCL 1000	1, 2	980~1,150	42	MS5332B	33,550	4,670
			48			
			56	MS7652	65,400	3,020

- (5) 羽根車は特殊鋼の溶接、三次元式のもので、高効率で耐食性の優れたものとなっている。
- (6) 軸封用シールリングは、冷却効果の優れたフレキシビリティの高い構造で、油圧によるスラスト力を減少させフローティングしやすいものとなっている。
- (7) スラストベアリングは、キングスベリーの「ダブルアクティング」タイプを採用し、ジャーナルベアリングは振動に対し安定性の高い多円弧メタルを採用している。

PCL 800モデルの外観図を図3に示す。

4 圧縮機の制御

パイプライン圧縮機は、一般に吐出し圧力を一定に保つように、ガスタービンのスピードを自動制御することによって運

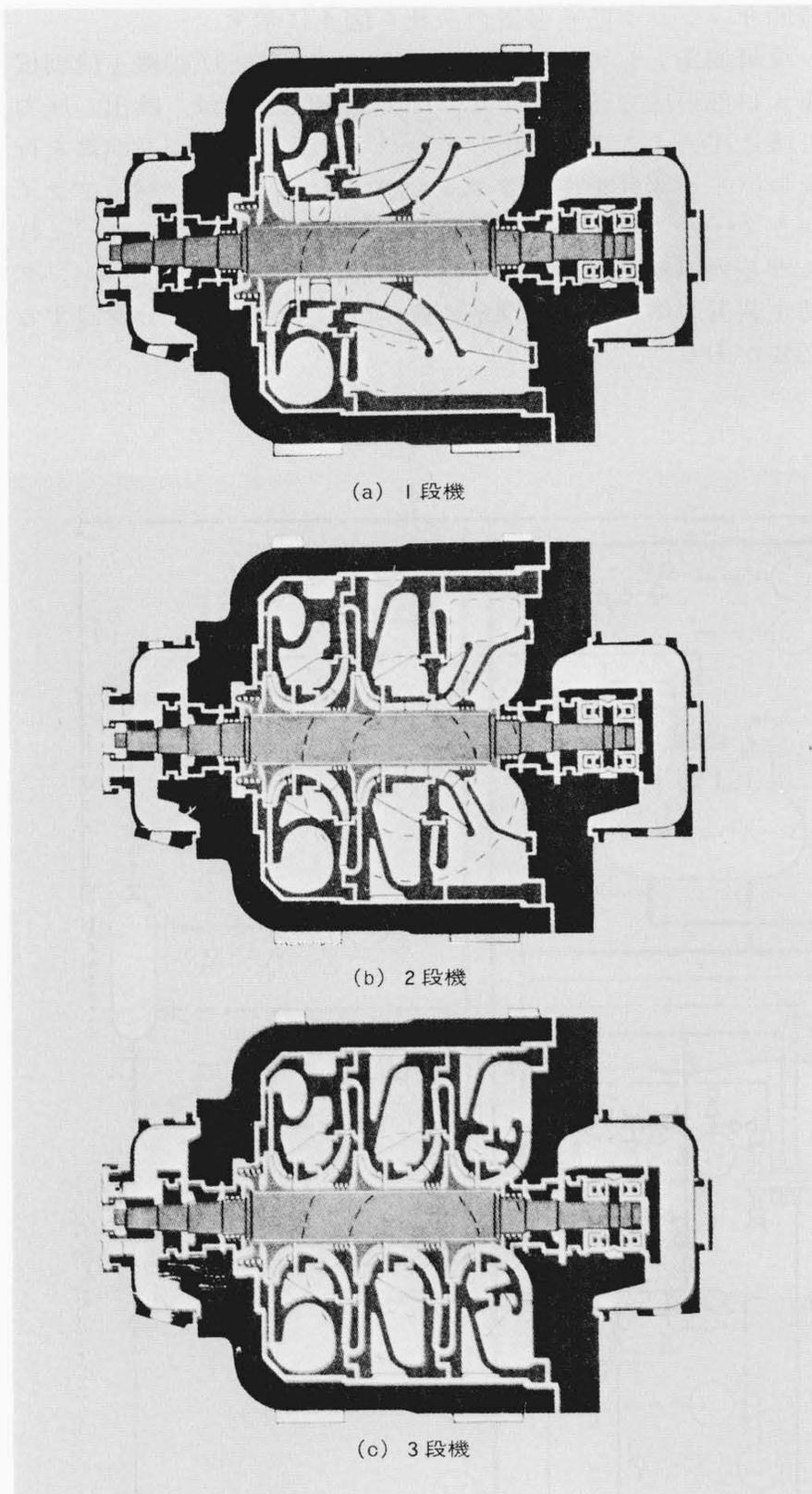
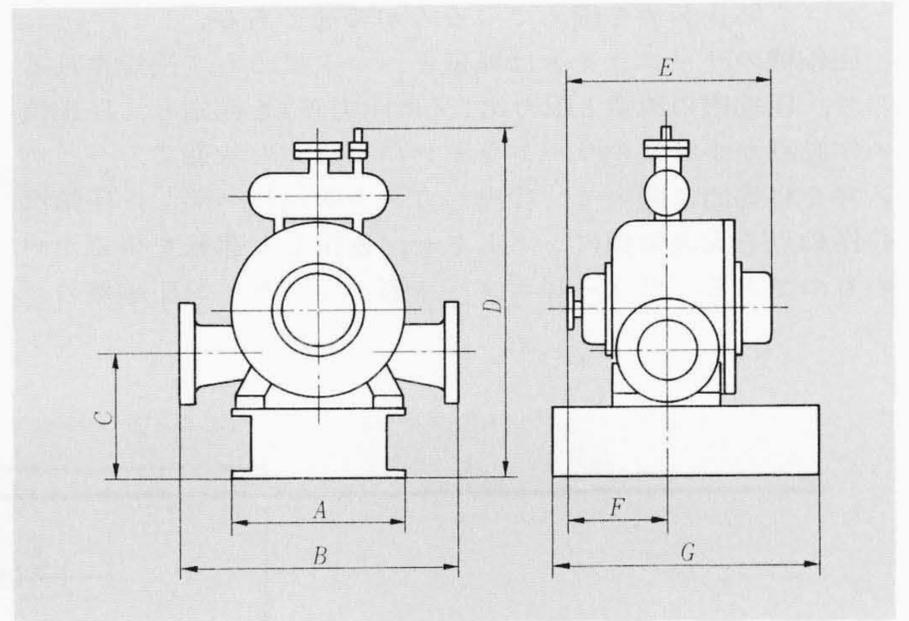


図2 1段-2段-3段PCLモデル断面図 ガス田の圧力が年とともに低下する場合など、ケーシングをそのままにして、段数を増加させて対処できる。

表2 圧縮機モデルと寸法及び重量の関係 圧縮機は完全にパッケージ化されている。



(a) 寸法表(単位: mm)

形式	PCL 500	PCL 800	PCL 1000
A	2,500	2,300	3,150
B	2,400	3,700	4,900
C	1,100	1,640	1,900
D	3,370	4,660	5,000
E	2,180	2,700	3,275
F	1,115	1,310	1,580
G	—	3,605	4,450

(b) 重量表(単位: kg)

形式	全重量(ヘッドタンクを含む)	メンテナンス重量	ベース重量
503-1	12,600	2,950	—
503-2	13,500	3,900	—
503	14,500	4,850	—
503-4	15,500	5,800	—
802-1	35,200	7,720	7,000
802	36,500	9,000	7,000
802-3	37,800	9,800	7,000
1002-1	63,000	19,000	8,000
1002	67,000	23,000	8,000

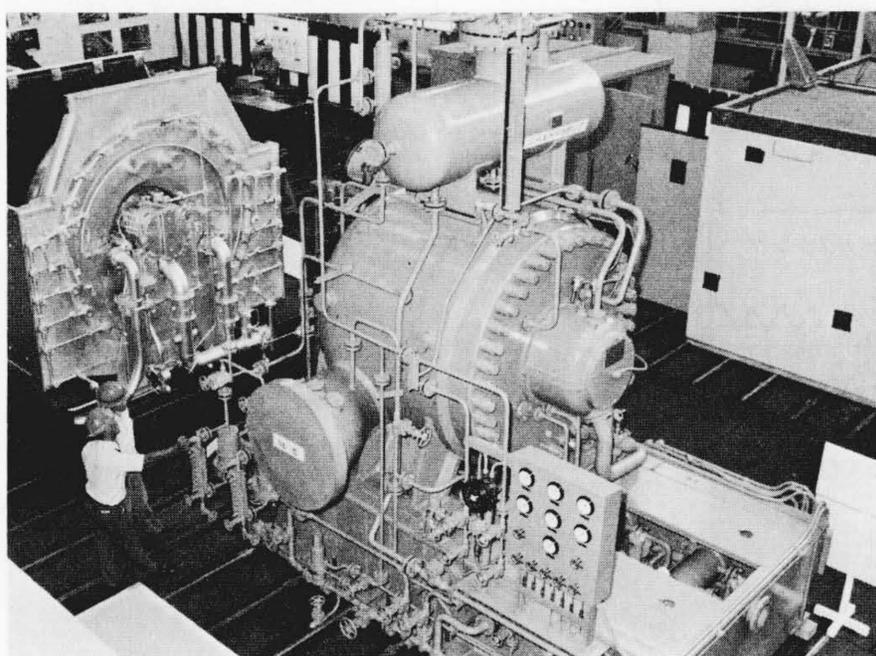


図3 PCL 800モデルの外観図 シールヘッドタンク及びシール油ユニットが同一のコンソールの上にとめられ、据付が容易な形となっている。

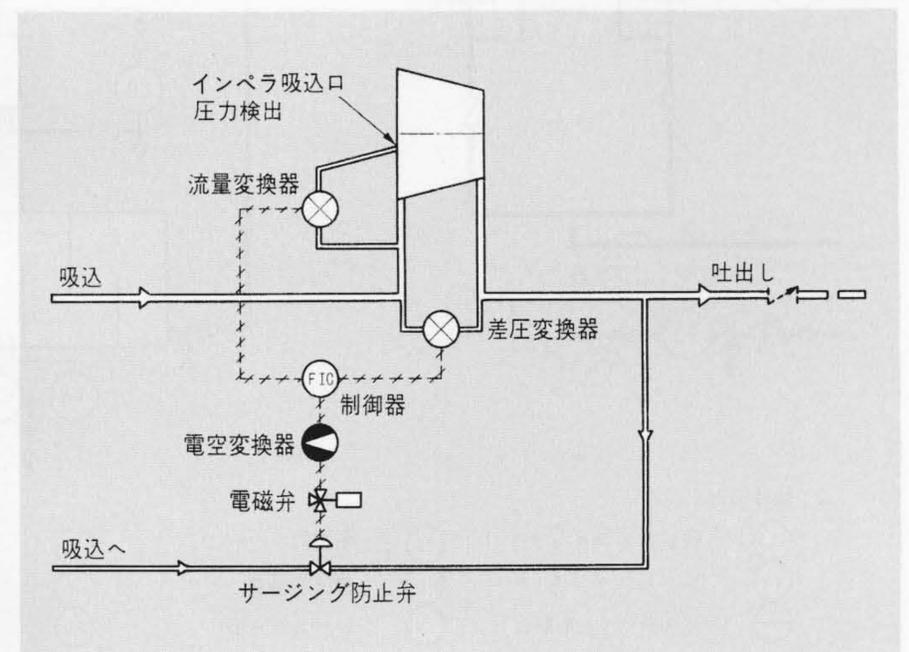


図4 標準のサージング防止装置系統図 吸込ノズル部圧力と羽根車入口部圧力の差圧によって、流量を検出している。

転されるが、パイプラインの流量及び圧力が、いかに変化をしても圧縮機の作動点がサージング領域に入らぬように、サージング防止装置を備えているのが普通である。

圧縮機のサージラインは風量とヘッドによって決定されるので、圧縮機の流量と圧力比(又は圧力差)を測定し、圧縮機の作動点が小流量のサージラインに接近した状態で、バイパス弁を自動的に開いて、吐出しガスを吸込側へ戻し、圧縮機の作動点を大流量側にシフトさせ、安定した運転を得るためのものである。日立ーピニヨーネ形パイプライン圧縮機の一

般的サージング防止装置の系統を図4に示す。

流量測定としては、圧縮機吸込ノズル部と圧縮機1段羽根車入口部の圧力差を検出し、圧力測定としては、吐出し圧力と吸込圧力の差圧を検出して、コントローラにより演算を行ないバイパス弁を作動させるものである。なお、パイプラインガス圧送ステーションには数台の圧縮機が設置され、これらが並列運転される。圧縮機起動時、バイパスやサージング防止装置の作動時の循環系の安定性については十分検討する必要がある。

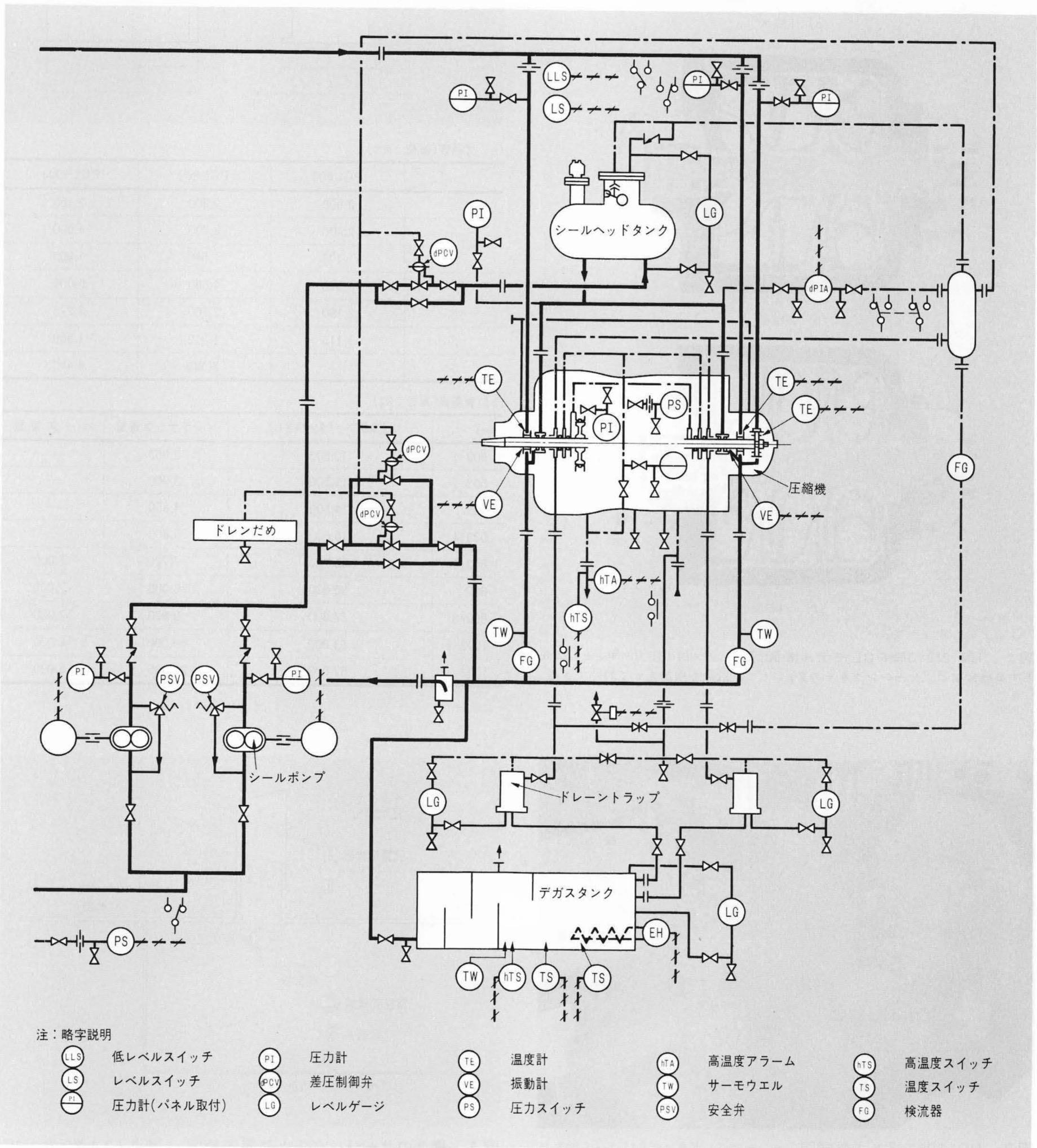


図5 標準のシール油系統図 ヘッドタンクには特殊なフロート弁が使われている。

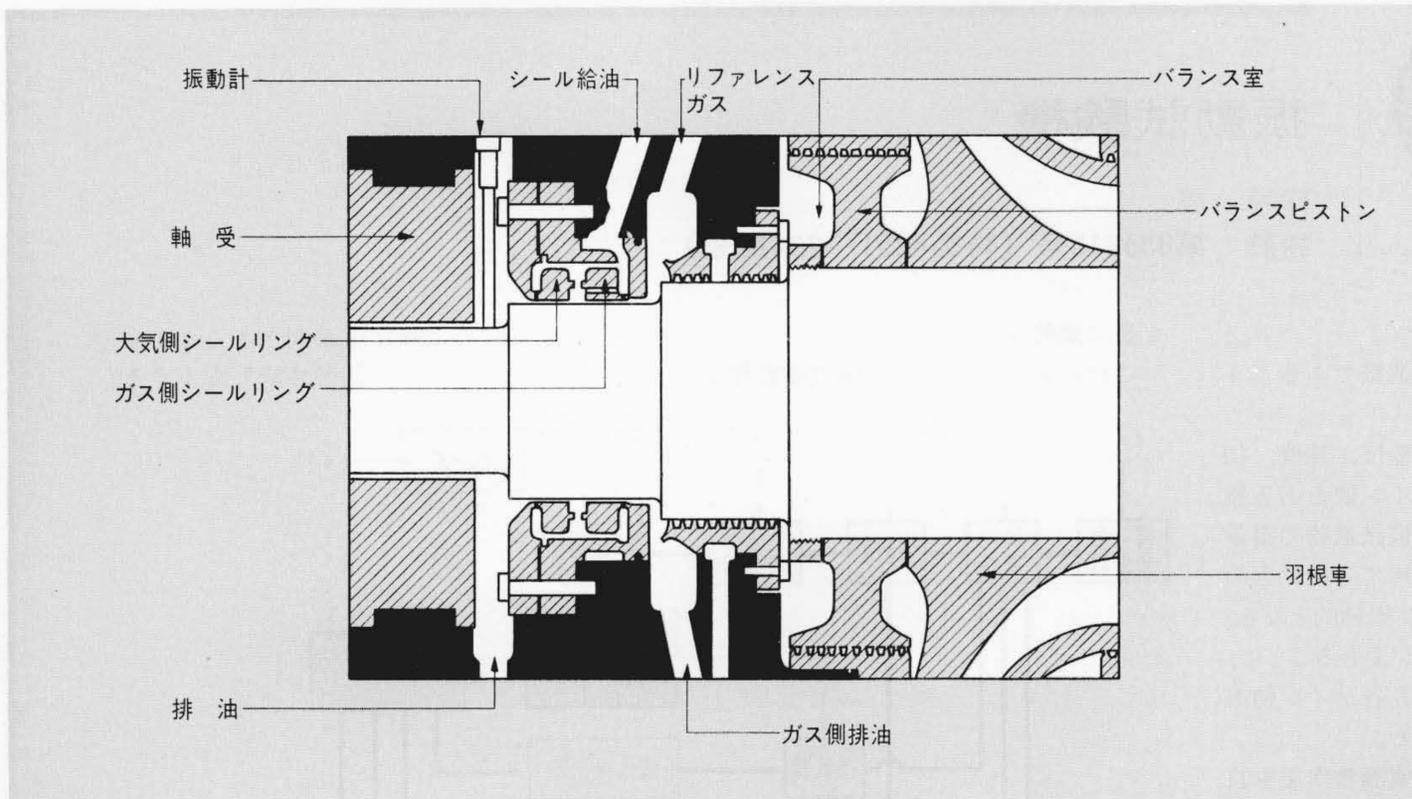


図6 シール機構図
一対のシールリングによる油膜シールを行なっている。

5 シール油系統

高圧の可燃性ガスを取り扱う圧縮機で、最も重要なものの一つに軸封装置の信頼性という問題がある。パイプライン圧縮機の圧力ベースとしては、 $50\sim 80\text{ kg/cm}^2$ 程度のものが多い。日立-ピニョーネ形パイプライン圧縮機の標準的シール油系統を図5に、圧縮機のシール機構図を図6に示す。

ガスタービン側より供給された潤滑油の一部をシールオイルポンプによって昇圧し、2個のガス作動の差圧制御弁により、リファレンスガス圧力よりも若干高く圧力制御された油が圧縮機内のシールリング部に供給され、シールリングと軸との間に油膜を形成しガス漏れを防止するものである。

前述したように、パイプライン圧縮機では据付を容易にすることが非常に重要なテーマであるため、ヘッドタンクは圧縮機ケーシング上に取り付けられている。このヘッドタンクには信頼性の高い特殊なフロートバルブが使われており、リファレンスガス圧力をこのヘッドタンクの頂部に導き、潤滑油系統あるいはシール油系統の一部に故障が生じた場合でも、リファレンスガス圧力よりヘッドタンクのヘッド分だけは必ず高い油圧を供給できるようになっている。またこのヘッド

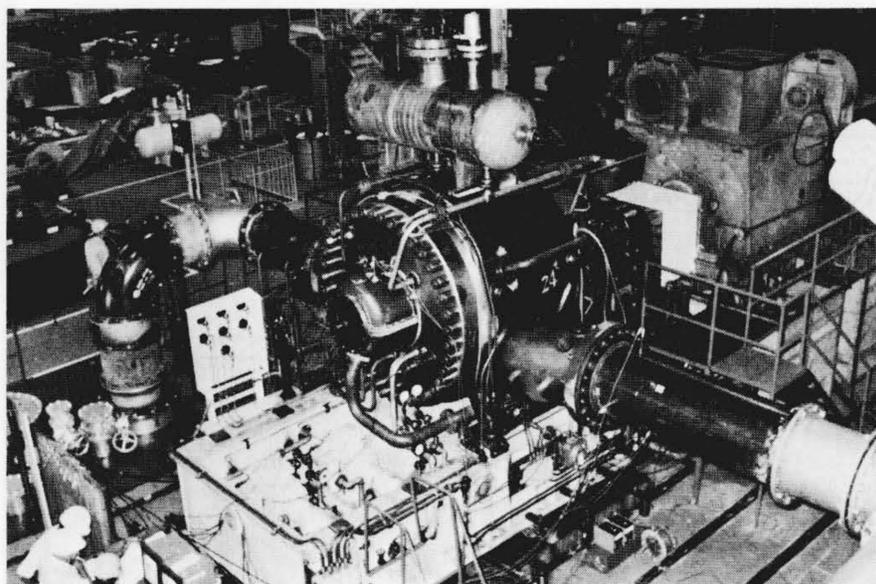


図7 圧縮機のショップテスト状況 流体性能試験及び機械的連続試験を行なっている。

タンクは、こうした故障の場合機内ガスを放出するなどの処置がとれるのに十分な容量となっている。

シールリングに供給された油の大部分は、大気側シールリングを通過し主オイルタンクへ戻されるが、ガス側シールリングを通過したわずかな油は機内のガスと接触し、オイルトラップを通過してディガッシングタンクへ戻される。この油はディガッシングタンクのヒータによって加熱され、これらの油中に溶解していたガスを脱気し再び主タンクへ戻される。これらの系統に使用される機器は、現地の厳しい条件に十分耐えることを確認され、系全体の信頼性は非常に高いものとなっている。

6 ショップテスト

ショップテストは、圧縮機の信頼性確認過程での最も重要なものの一つである。日立-ピニョーネ形パイプライン圧縮機では各部品材料試験を、羽根車などの回転部分は動バランス試験及び過速度試験を、ケーシングなどの耐圧部品については耐圧試験及び漏れ試験をそれぞれ実施している。圧縮機の完成後では総合機械連続試験及び流体性能試験を実施して、その信頼性を確認している。また、顧客の要望に応じ圧縮機と駆動機との組合せによって規定の回転数での機械連続試験(ストリングテスト)を実施することもある。ショップでの試験状況を図7に示す。

7 結 言

日立-ピニョーネ形天然ガス圧送用パイプライン圧縮機の概要について述べた。これらのガス圧送設備は、一般のプラント用ガス圧縮機と異なり種々の特殊条件下で使用されるため、その信頼性については一段と厳しいものが要求される。日立製作所は、ソ連ガス工業省に納入したパイプライン圧縮機設備の製作に当たって種々の技術を習得してきたが、これらの技術を更に拡大向上させて、今後世界の天然ガス開発に貢献したいと考えている。

参考文献

- 1) 久保田, 山本: 天然ガスパイプラインブースタステーション, 日立評論, 60, 199~204 (昭53-3)
- 2) 金木: 遠心圧縮機の自動設計, ターボ機械, 5, 36~43 (1977-9)



特許の紹介

振動試験機

松崎 淳

特許 第855815号 (特公昭51—29419号)

本発明は、振動試験機のフィードバック回路のゲイン値を最適値に調整できるようにしたものである。

従来の振動試験機では、変位、速度、加速度の各フィードバックゲイン値をある値に設定した状態において、被試験物の重量が変化すると、入力信号に対する振動台の変位、速度及び加速度応答が振動的となる。このため、被試験物の重量が変わるごとに、適当な手動の操作装置により各ゲイン値を調整する作業を行なっている。

本発明は、前記のゲイン値調整作業を自動的に行なうようにしたものである。図1はその構成を示すブロック図で、同図で圧力検出器⑮は振動台①上の被試験物の重量を検出して、この検出値をゲインコントローラ⑯に加える。ゲインコントローラ⑯はこの検出値信号によりサーボ増幅器⑦、速度フィードバック回路及び加速度フィードバック回路の係数器⑪、⑬、⑭を操作し、各ゲイン値を被試験物の重量に対して最適

な値に調整する。

これにより、各ゲイン値の調整作業が自

動化されその操作性が向上するとともに、

この自動化により制御性能も向上する。

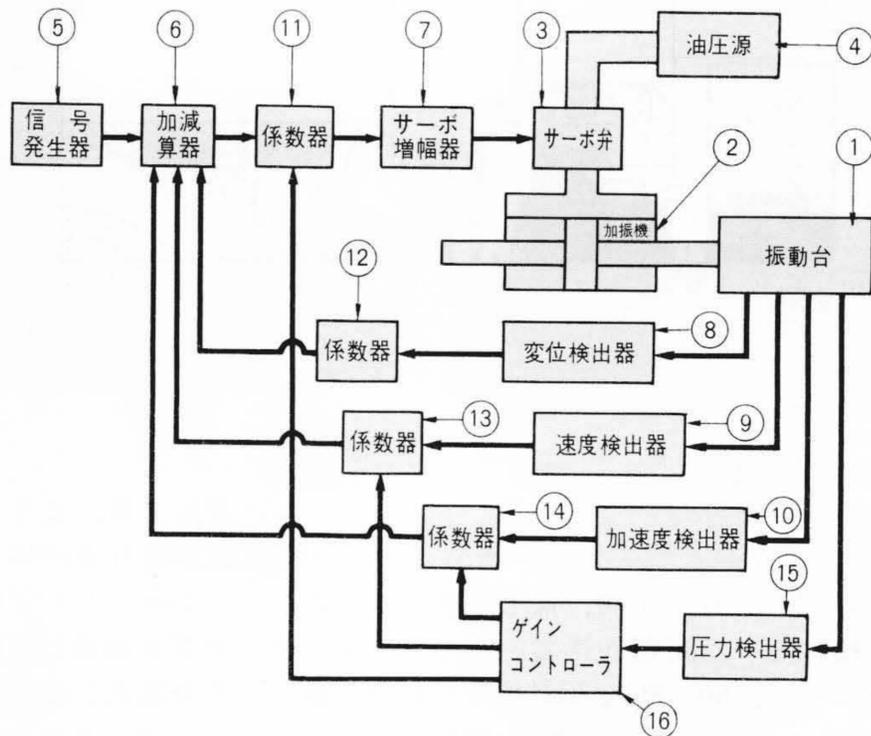


図1 ゲイン調整回路構成



特許の紹介

金属コルゲートパイプ継手の密封構造

城取 睦・関 文男

登録実用新案 第1144357号 (実公昭51—5号)

本考案は導波管や同軸ケーブルなどの金属コルゲートパイプと他の金属パイプとの接続部の気密を得るのに適した密封構造に関するものである。

本考案の構成を図1を参照して説明すると、金属コルゲートパイプ①の外側には内面がコルゲート形状をもち端部にテーパ部分⑥をもつガイド⑤が設けられ、金属コルゲートパイプ①の端部にテーパ部分⑥と当接するように形成された拡開部③の内面には気密金具②の先端部④が線接触するように押し当てられ、ガイド⑤と気密金具②とはフランジ⑦と⑧をねじ⑨で締め付けることにより一体化されている構成である。

以上のような構成により、次のような効果が得られる。

(1) 線接触による気密構造であるため、ゴムなどの有機物より成るパッキンを使用する必要がなくなり、耐候性、耐薬品性及び耐熱性に優れる。

(2) 線接触による気密構造であるため、締

付力が均一に働き、面接触よりも優れた気密構造が得られる。

(3) ガイド⑤の内面がコルゲート形状であるため、気密金具②の先端部④を拡開部③の内面に押し当てても金属コルゲートパイプ①のコルゲートがつぶれたりひずんだり

しない。

(4) 金属コルゲートパイプ①の拡開部③は、ガイド⑤のテーパ部分⑥に当接しているため、気密金具②の先端部④を押し付けても拡開部③がひずむようなことがなくなり、確実に気密性が保てる。

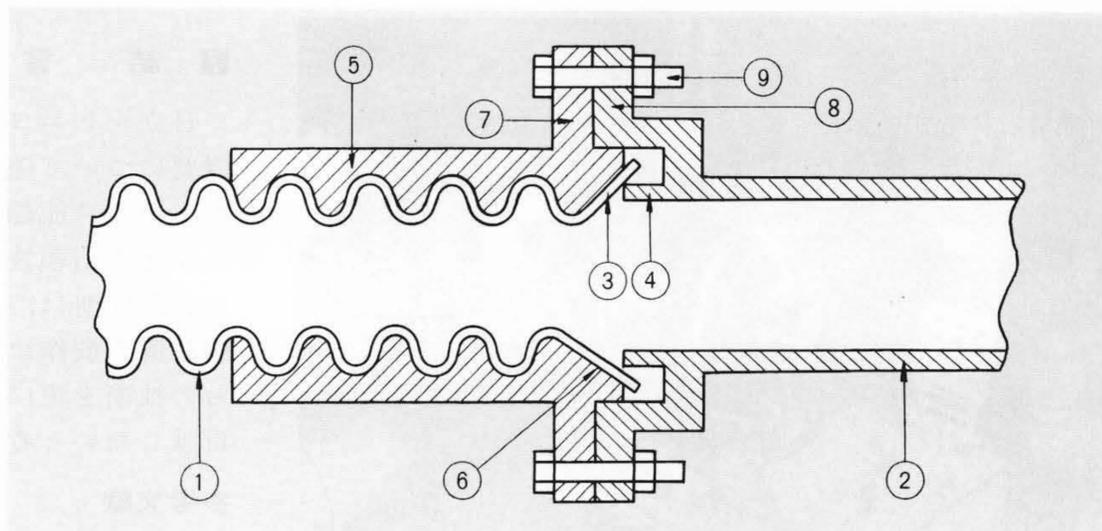


図1 金属コルゲートパイプ継手