

日立パッケージ形スクリー圧縮機 「OS-Pシリーズ」

Hitachi Packaged Screw Type Air Compressor "OS-P" Series

近年、騒音、振動などの産業公害に対する規制が厳しくなるとともに、圧縮機の騒音、振動の低減は必須のものとなってきた。油冷式スクリー圧縮機は、回転形で振動が少なく、騒音も低いので需要も増大している。今回90kW以下10機種をパッケージ化し、一段と低騒音とし、必要機器を収納して製品化し発売した。

騒音は、圧縮機本体の騒音低減とパッケージ構造の採用により68~74dB(A)を達成するとともに、パッケージ化により油の使用条件が過酷となるので、オイルセパレータのさび止め、オイルクーラの不活性化により油の寿命を延長し、ベアリングの選択、配置を工夫してメンテナンスサイクルを大幅に延長することができた。

常富 実*	Tsunetomi Minoru
富田 隆**	Tomita Takashi
藤原 満***	Fujiwara Mitsuru
本間吉治****	Honma Yoshiharu

1 緒言

圧縮機は、従来から動力空気源として広く使用されているが、近年騒音、振動など産業公害に対する規制が厳しくなるとともに、圧縮機の騒音、振動の低減は必要欠くことのできないものとなってきた。

このような情勢の中にあつて、油冷式スクリー圧縮機は往復動圧縮機に比較して、回転形で振動の少ないこと、騒音も低く対策しやすいことなどが高く評価され、その需要は増大してきている。

日立製作所では、既に75~600kWまで9機種を発売し、相当量の納入実績を上げているが、今回これまでのユニット化技術、オーバハングモータの採用などに加えて、低騒音とメンテナンスサイクルの延長を図った90kW以下のパッケージ形スクリー圧縮機「OS-Pシリーズ」10機種を発売した。

このパッケージ形スクリー圧縮機は、回転形なので振動も少なく、基礎・据付工事など顧客の費用負担を大幅に低減できる利点があるほか、特長として22~45kWでは68dB(A)55kW、65kWで72dB(A)、75kW、90kWで74dB(A)と騒音も一段と低く、オイルセパレータのさび止め、オイルクーラの不活性化技術によりメンテナンスサイクルを延長した機種で、顧客の好評を得ている。

以下、パッケージ形スクリー圧縮機「OS-Pシリーズ」について簡単に構造、機能、特長などについて述べ、ユーザーの参考に供したい。

2 スクリー圧縮機の原理

スクリー圧縮機は4枚歯の凸面をもった雄ロータ、6枚歯の凹面をもった雌ロータから構成されて、互いに反対方向に大きくねじれ、ロータみぞとケーシングとの間にできる空間で、吸入、圧縮、吐出しが行なわれる(図1)。

パッケージ形スクリー圧縮機は、いわゆる油冷式スクリー圧縮機で、圧縮の過程で多量の油を噴射し、効率の向上、吐出し温度の低下を図っている。すなわち、空気を圧縮するときに発生する圧縮熱を冷却し、等温圧縮に近づけ吐出し温度を低下させるとともに、雄ロータと雌ロータ間に生ずるギャップ及びロータとケーシング間に生ずるギャップを油によ

りシールし、内部の漏れ損失を少なくし効率の向上を図っている。更に雌ロータは雄ロータから直接駆動されるので、噴射される油はロータ相互の潤滑の役目も果たしている。

日立スクリー圧縮機に採用されている歯形は図2に示す非対称歯形¹⁾で、この歯形は雄ロータと雌ロータ間に生ずるロータギャップのロータ全長にわたる長さ、いわゆるシールラインと圧縮中のみぞから低圧のみぞへの漏れを生ずるブローホールとの関連が最適に決めてあるので、内部漏れによる再圧縮が少なく、性能的にも良好である。

油冷式スクリー圧縮機では、圧縮の過程で多量の油を噴射するため油が高温にさらされ、また空気中の水分がドレンとなって油の中に混入される場合があるので、油の使用条件は極めて厳しい。このため使用される油は、耐熱性、水分離性が特に良いことが必要で、一般には油冷式スクリー圧縮機専用油が使われている。

3 日立パッケージ形スクリー圧縮機の構造

日立パッケージ形スクリー圧縮機は、圧縮機本体のほか吐出し空気中に含まれる油を分離するオイルセパレータ、高温になった油を冷却するオイルクーラ、オイルセパレータより吐き出された空気を冷却するアフタークーラにより構成され、これらの機器をベースに搭載し、全体をパッケージで囲み騒音の低減を図っている。このほか始動盤を組み込んで、圧縮機始動から、冷却した圧縮空気を得るまでに必要な機器を取りまとめている。全体をパッケージによりキュービクタイプに取りまとめているので、外観もユニークで、これまでにないイメージをもつ圧縮機となった。

3.1 標準仕様

表1に日立パッケージ形スクリー圧縮機の標準仕様を、図3に外観を示す。いずれも1段圧縮機で、吐出し圧力は7kg/cm²gで50Hz地区5機種、60Hz地区5機種計10機種である。

3.2 フローシート

図4にフローシートを示す。

(1) 空気の流れ

空気はパッケージに空けられた吸込口から吸い込まれ、サ

* 日立製作所習志野工場海老名分工場 ** 日立製作所習志野工場 *** 日立製作所機械研究所 **** 日立製作所日立研究所

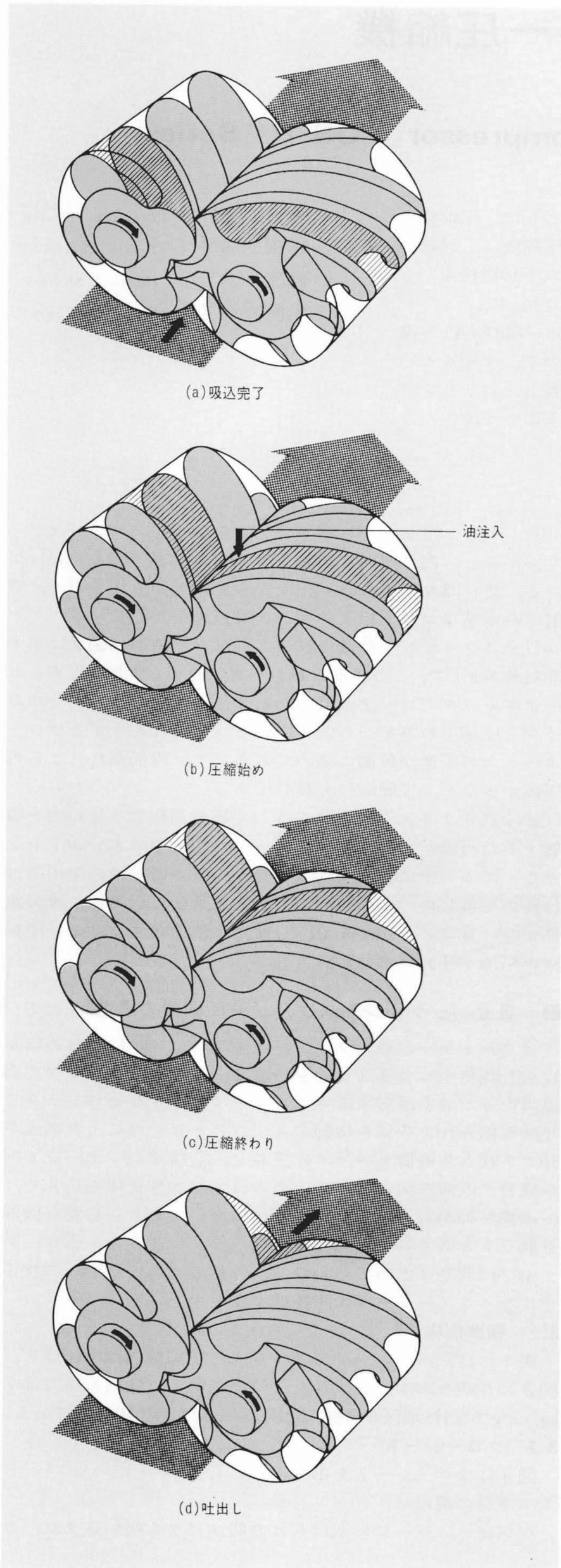


図1 圧縮の原理 ケーシングと二つのロータによって圧縮が行なわれ圧縮過程で多量の油を噴射して冷却する。

クッションフィルタ、吸込絞り弁を通過して圧縮機に入る。圧縮機では1段で $7 \text{ kg/cm}^2 \text{ g}$ まで圧縮される。圧縮途中で油を噴射し、主に圧縮空気の冷却を行なうため、吐出し空气中に多量の油が含まれる。圧縮空気はこの油とともにオイルセパレータに入り、油を分離した後、アフタークーラにより冷却され、使用に供される。

(2) 油の流れ

オイルセパレータで分離された油はオイルクーラで冷却され、オイルセパレータ内の圧力と圧縮機本体内の圧力差によって圧縮機内に噴射され、圧縮空気の冷却、ロータの潤滑、シールラインのシール及びベアリングの潤滑を行なう。

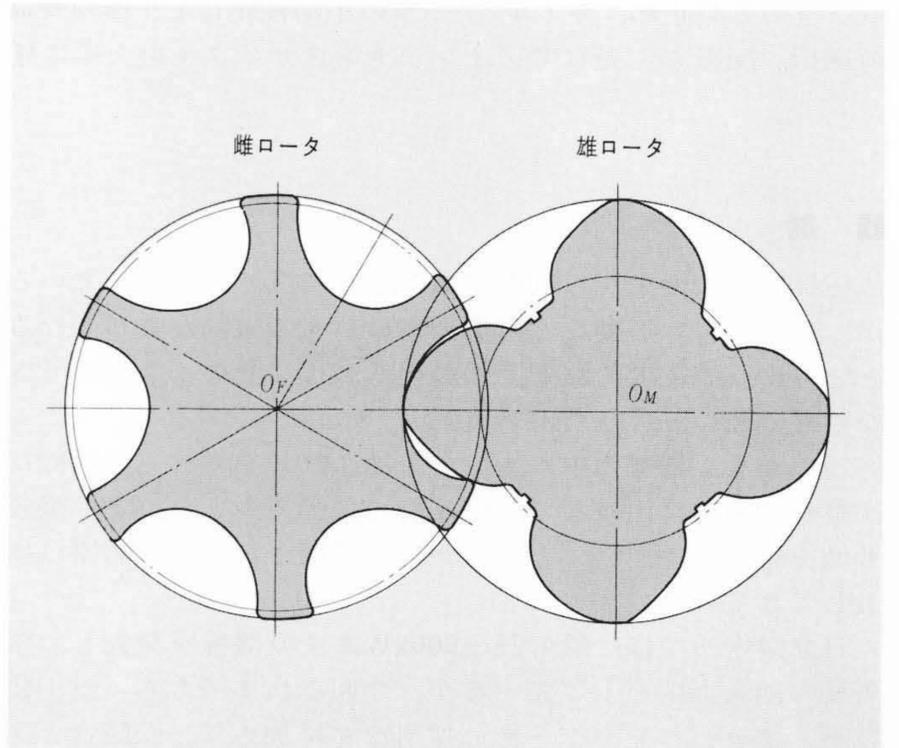


図2 非対称歯形 シールラインと圧縮中のみぞから低圧のみぞへの漏れを生ずるブローホールとの関連が最適に決めてあるので、内部漏れによる再圧縮が少ない。 O_F =雌ロータ中心、 O_M =雄ロータ中心

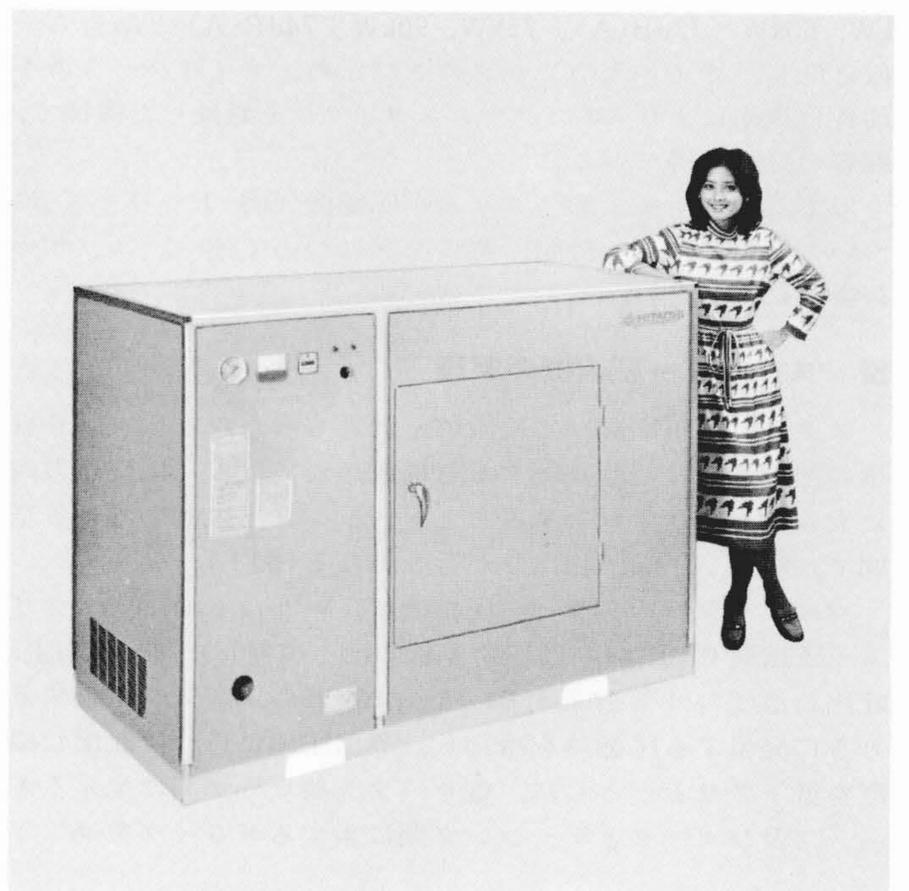


図3 OS-4Pの外観 防音カバーで覆いパッケージ構造として騒音の低下を図っている。

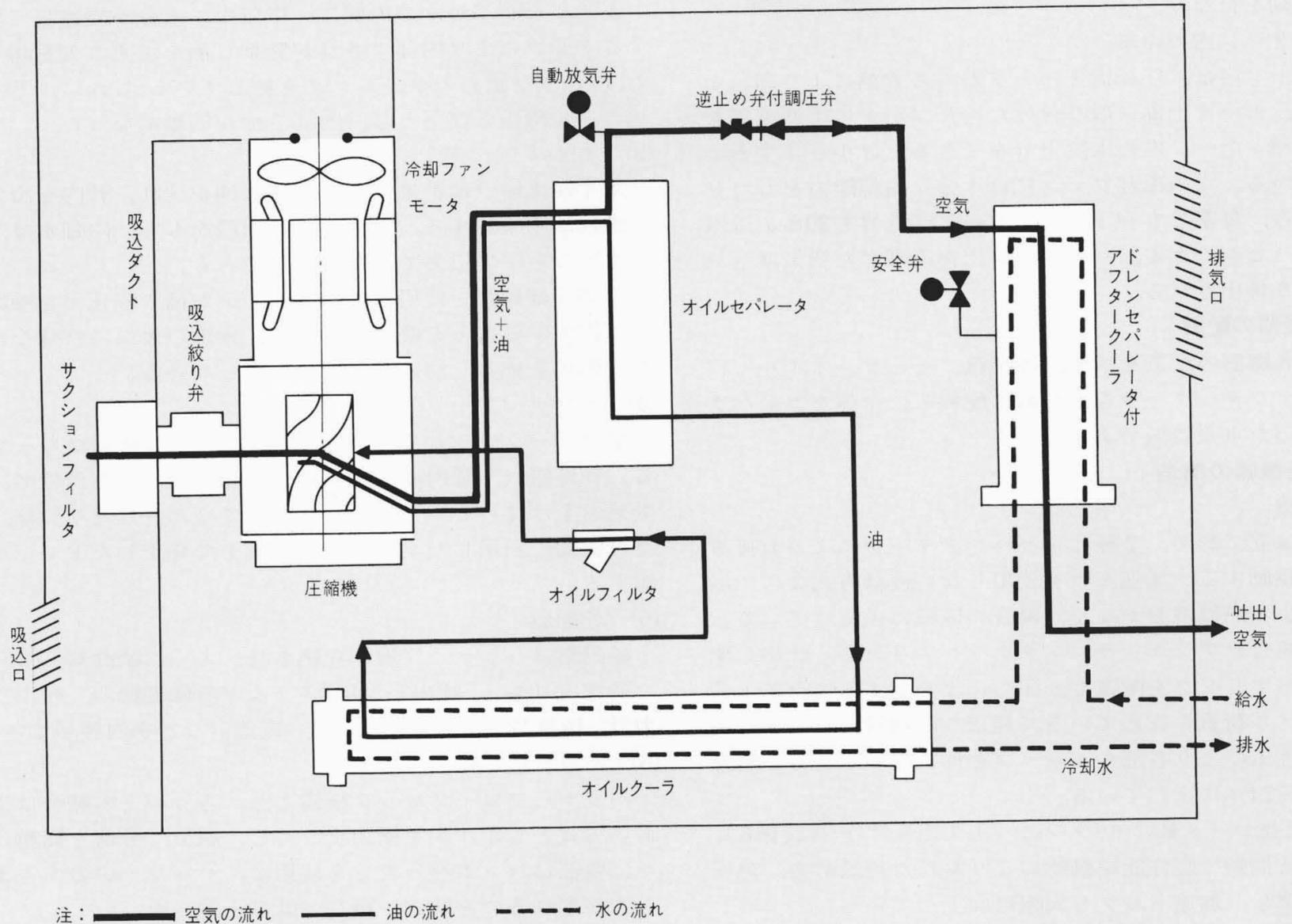


図4 フローシート 「OS-Pシリーズ」のフローシートを示す。

表1 日立パッケージ形スクリー圧縮機標準仕様 回転形のため振動がない，立て形のため据付面積が少ない，油の寿命が長い，低騒音であるなど数多くの特長をもつ。

仕様・単位		形式	OS-3P5	OS-4P5	OS-6P5	OS-8P5L	OS-8P5H	OS-3P6	OS-4P6	OS-6P6	OS-8P6L	OS-8P6H
電源周波数	Hz		50	50	50	50	50	60	60	60	60	60
吐出し空気量	m ³ /min		3.3	5.6	8.3	12.0	12.0	4.0	6.6	10.0	14.0	14.0
吸込圧力、温度			大気圧 35°C以下	同左	同左	同左	同左	大気圧 35°C以下	同左	同左	同左	同左
吐出し圧力	kg/cm ² g		7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
吐出し温度	°C		40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
吐出し管径	A		25	40	40	50	50	25	40	40	50	50
駆動方式			2極オーバーハング モータ直結	同左	同左	同左	同左	2極オーバーハング モータ直結	同左	同左	同左	同左
電動機出力	kW		22	37	55	75	75	27	45	65	90	90
電源電圧	V		200	200	200	200/400	3,000	200/220	200/220	220	220/440	3,300
始動方式			△-△	△-△	△-△	△-△	リアクトル	△-△	△-△	△-△	リアクトル	リアクトル
冷却水	温度	°C	32以下	同左	同左	同左	同左	32以下	同左	同左	同左	同左
	水量	l/min	30	45	60	100	100	35	50	70	120	120
初期潤滑油量	l		24	31	60	90	90	24	31	60	90	90
重量	kg		560	850	1,300	1,500	2,000	560	850	1,300	2,000	2,000
概略寸法	高さ	mm	1,043	1,160	1,340	1,545	1,545	1,043	1,160	1,340	1,545	1,545
	幅	mm	1,410	1,610	1,800	2,050	2,655	1,410	1,610	1,800	2,655	2,655
	奥行	mm	660	790	890	1,040	1,040	660	790	890	1,040	1,040
騒音 (正面1.5m 全負荷時)	dB(A)		68	68	72	74	74	68	68	72	74	74

(3) 冷却水の流れ

冷却水はアフタークーラを冷却した後、オイルクーラに入り油の冷却を行なう。

(4) パッケージ内の冷却

パッケージ内は、圧縮機とモータからの放熱により高温となるので、モータ上部に取り付けた冷却ファンにより冷却を行ない、パッケージ内の温度上昇をできるだけ小さくするようにしている。この冷却ファンには十分な冷却能力をもたせているから、夏季でもパッケージ内の温度上昇を20deg以内を抑えることができる。パッケージ内を冷却した空気は空気排気口より排出される。

3.3 各機器の配置

図5に各機器の配置を示す。圧縮機、モータ、オイルセパレータ、アフタークーラを立て形に配置し、全体をコンパクトにまとめた点が特徴である。

3.4 主要機器の構造

(1) 圧縮機

圧縮機は立て形で、2極オーバハンクモータにより直接雄ロータを駆動する。増速ギヤを使用しない直結方式なので増速ギヤによる高周波音がなく、騒音の低減に役立っている。吸込側に組合せアンギュラコンタクトベアリング、吐出し側にローラベアリングを配置し、圧力により生ずるスラスト荷重、ラジアル荷重を支えている。適正な給油量とロータの精密な機械加工により各部のギャップを抑えているから全断熱効率は72~74%に達している。

モータは雄ロータ軸にオーバハンクして取り付けられ(図6)、低騒音、低振動で高性能絶縁物により優れた絶縁耐力、熱安定性を発揮し、加速トルクも大幅に向上している。

(2) オイルセパレータ

オイルセパレータは立て形で、衝突、方向転換によって液状油を分離した後、繊維径の極めて細かい特殊繊維を織り重ね

たカートリッジ式のエレメントで微細な油を補集しているので、空気中の油の含有率は極めて低い。

オイルセパレータの内部は、空気中の水分が凝縮して発生するドレンにより内部にさびが発生し油を汚すことを防ぐため、特殊さび止めのライニングを施している。これによりオーバーホール時のさび落とし、内部清掃が簡単になった。

(3) オイルクーラ

オイルクーラは管束式で、管外に油が流れ、管内を冷却水が流れ油を冷却する。十分な冷却面積をもち、冷却水は2パスで少ない圧力損失で冷却が可能である。

冷却管は銅管を使用しているが、銅が油の酸化劣化触媒として作用することを緩和するため、銅管の表面に特殊な不活性化処理を施し、油の寿命延長を図っている。

(4) アフタークーラ

アフタークーラとドレンセパレータは一体構造になっている。管外空気、管内水で、銅管の外側にフィンをつけて冷却効果を上げている。アフタークーラで冷却された空気は、衝突と旋回を利用したドレンセパレータで発生したドレンを分離する。

(5) 始動盤

始動盤はパッケージ内に収納され、 μ - Δ 始動器、モータの過電流リレー、吐出し温度リレーなどの保安機器、吐出し圧力計、積算時間計、電源表示灯、電流計などを内蔵している。

(6) パッケージ構造

パッケージはモノコック構造とし、各カバーの結合ははめあい方式としボルトを極力少なくし、組立て分解を簡単にした。要部にはゴムパッキンを使用し、パッケージのすきまから音が漏れるのを防ぎ、騒音の低減を図った。

(7) 容量調整装置

容量調整装置としては、吸込絞り弁方式を採用し、使用空気が減少すると吐出し圧力が上昇するのを利用し、圧縮機

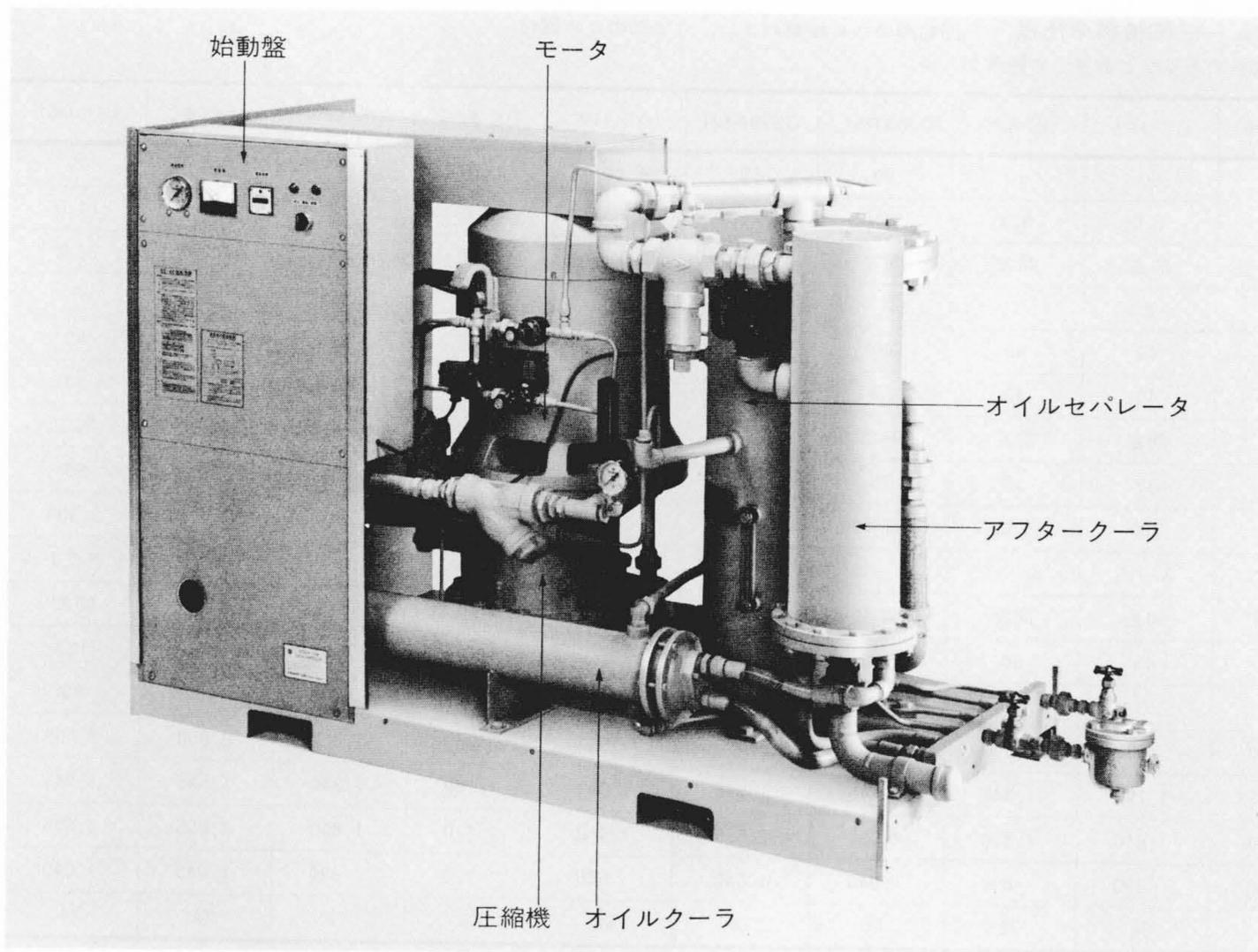


図5 各機器の配置
パッケージ内の各機器の配置を示す。

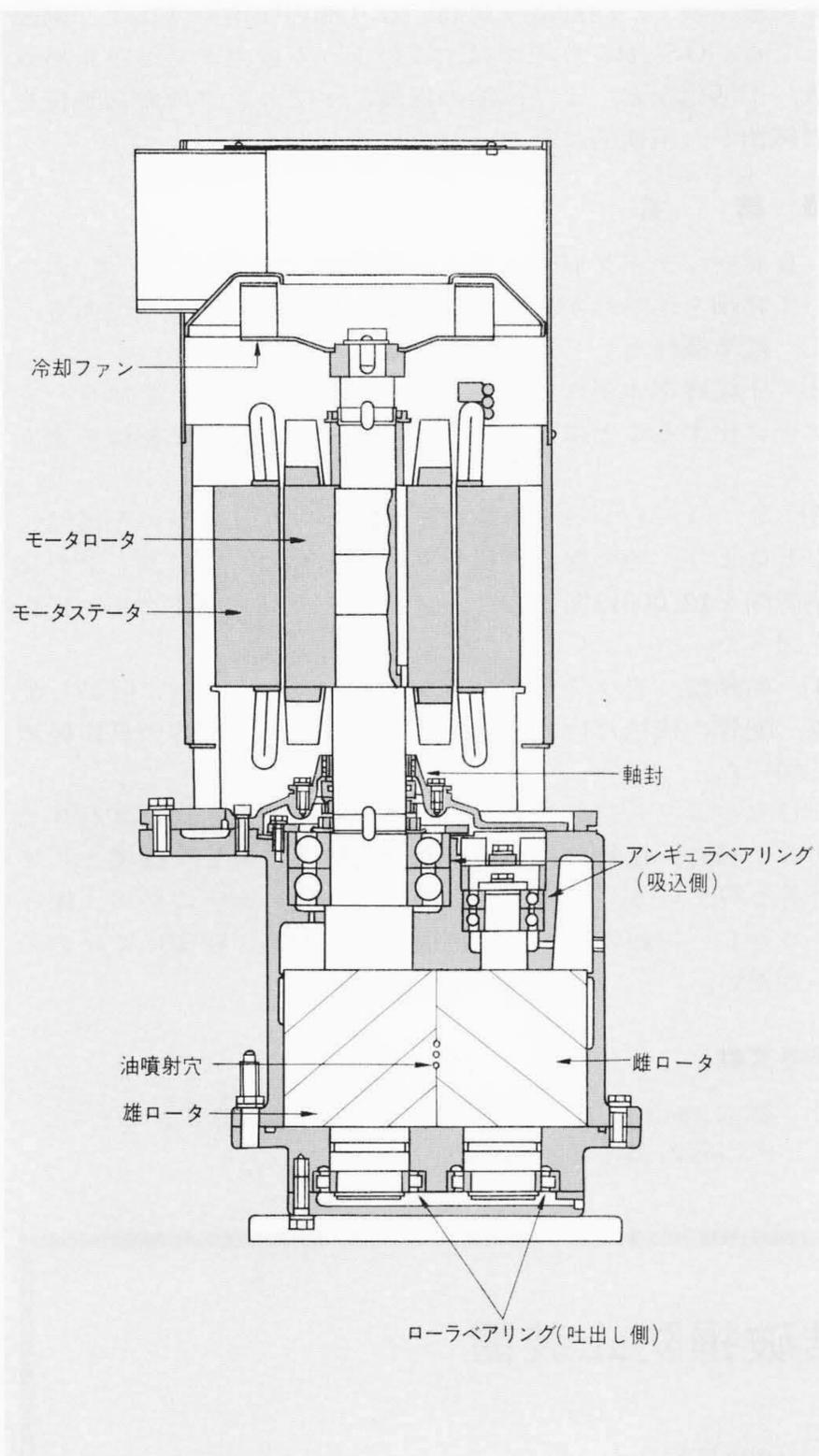


図6 圧縮機構造図 ロータシャフトは垂直に配置され、上部にモーターロータが取り付けられている。

吸込側にある絞り弁を閉じ、吸込空気量を減少し100%から0%まで自動的に容量調整できる機構になっている。

始動時のトルクを軽減し、 Δ 始動を可能にするため三方電磁弁を使用したアンロード始動方式とした。

4 特 長

日立パッケージ形スクリー圧縮機「OS-Pシリーズ」は、回転形圧縮機の特長を持っているほか運転に必要な機器をパッケージ内に収納しているなど、多くの特長を持っている。すなわち、

- (1) 静かな圧縮機である。騒音は正面1.5mで68~74dB(A)で、これまでの圧縮機概念を打破している。
- (2) ワンタッチ運転ができる。始動スイッチを回すだけで始動可能である。
- (3) 振動、脈動が少ない。回転形でバランスが十分とってあるので振動が少なく、基礎が簡単である。また脈動が少ないので、容量変化の大きい用途以外にはレシーバは不用である。
- (4) 据付と基礎が簡単である。パッケージ化により据付、基

礎は簡単になり、電源への接続、冷却水配管接続だけで運転準備を完了することができる。

(5) メンテナンスサイクルを延長した。オイルセパレータのさび止め実施、オイルクーラの不活性化により油の寿命を延長するとともに、ベアリングの交換時間を12,000時間にしてメンテナンスサイクルを延長した。

(6) 必要機器を収納した。アフタークーラ、始動盤をパッケージ内にコンパクトに取りまとめた。

(7) 完備した保安装置を持っている。100~0%までの容量調整装置のほか安全弁、吐出し温度リレー及び過電流リレーを装備している。

上述のように、多くの特長を持っているが、次に騒音の低減とメンテナンスサイクルの延長について述べる。

4.1 騒音の低減

OS-3P(22/27kW)、OS-4P(37/45kW)では、68dB(A)と低騒音を実現することができた。騒音の低減で基本的なことではあるが、モータを含めた圧縮機より発生する音を少なくすること、発生した騒音はパッケージ内に閉じ込め外部に逃がさないことが重要である。

OS-Pシリーズでは、圧縮機はいずれもモータ直結仕様とすることにより、比較的低速回転を実現し、増速ギヤを使用しない構造とした。

増速ギヤを使用し回転を高めることは、圧縮機本体から発生する騒音を高め、更に増速ギヤの高周波かみあい音の発生により騒音を高めることになる。また圧縮機本体から発生する音を極力減少するため、ロータの加工精度を一段と向上させ、かみあい状態を良好にし音の発生源である吸入ケーシング、吐出しケーシングに工夫を凝らして総合的に騒音の減少を図った。

発生した騒音は、全体をパッケージにより覆い、外部への音の拡散を防いだ。特にパッケージは、はめあい構造を使用して剛性を高め、各部材組合せ面からの音の発散を防いだ。各機器を搭載するベースと機器との間には、防振ゴムを置いて振動の伝搬による騒音の発生を防いだ。またパッケージ内の空気吸気口と排気口には、吸気、排気ボックスを設け空気速度を適度にし、ボックス内部に防音材をはったサイレンサー構造とした。

4.2 メンテナンスサイクルの延長

油冷式スクリー圧縮機のメンテナンスサイクルの延長には、圧縮機に使用されているベアリング交換時間の延長と油の寿命延長が必要である。

この実現のためOS-Pシリーズでは、

- (1) 適切なベアリングの選択と配置により、交換時間を125kW以上の大形機と同じ12,000時間としたこと。
 - (2) オイルセパレータの内面さび止め実施
 - (3) オイルクーラの不活性化による油の寿命延長
- などの方策がとられた。このうち(2)、(3)は油の劣化防止によりベアリング交換時間の延長に大幅に寄与している。

空気中に含まれる水分は、吐出し圧力7kg/cm²gまで圧縮され、冷却されるとドレンとなってオイルセパレータ内面に凝縮し、さびを発生させる。オイルセパレータにさびが発生すると、油にさびが混入し油を劣化させるとともに、オーバーホール時の清掃が大変なので、オイルセパレータ内面にさび止め処置を施した。

次にオイルクーラの不活性化について説明する。オイルクーラには銅管を使用しているが、この銅管は油の酸化劣化触媒として働く。このことは図7から明らかである。図7は油

の酸化劣化寿命を測定するロータリーポンプ試験の結果を示す。銅片を触媒として入れない試験Aではポンプ寿命は長いに対し、銅片を触媒として入れた試験Bではポンプ寿命は約200分と短い。このため、オイルクーラ銅管の表面に特殊な処理を施して不活性化して銅の酸化劣化触媒作用を弱めた。図7より不活性化処理を施した銅片Cではポンプ寿命が銅片だけに対して約2倍の寿命となることから分かる。

パッケージ形スクリーユ圧縮機では、機器全体をパッケージ

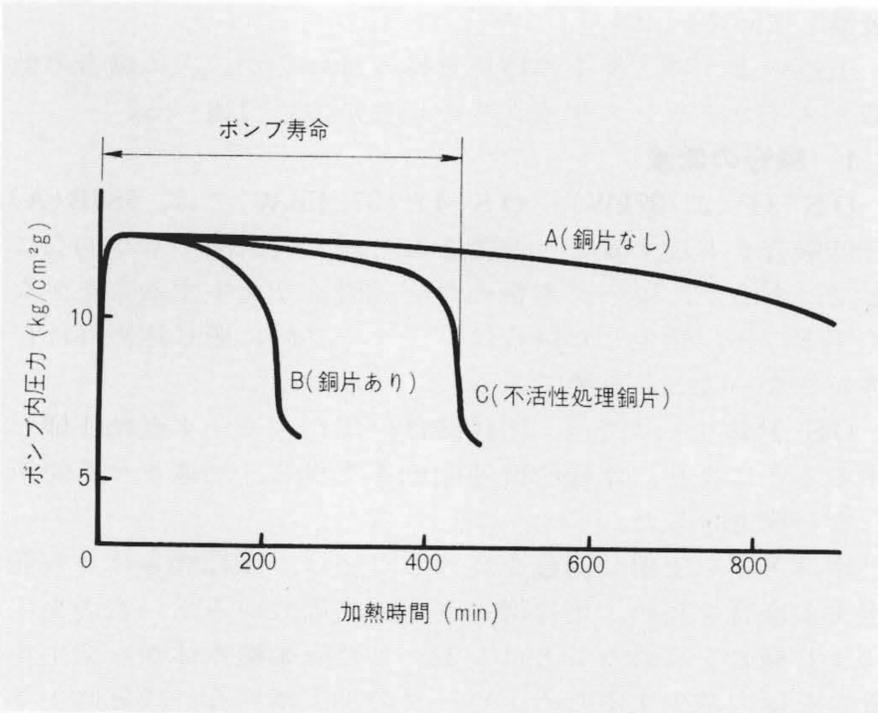


図7 油の寿命試験(ロータリーポンプ試験) ポンプ内圧力が低下するまでの加熱時間が長いほど、油の寿命は長い。

ジで覆うので、内部温度が高くなり油の使用条件はより過酷となる。OS-Pシリーズは、このような観点からさび止め処置、不活化などにより、油の保護、ベアリングの寿命延長を機械側から積極的に行なった点に特色がある。

5 結 言

日立パッケージ形スクリーユ圧縮機「OS-Pシリーズ」について詳細を述べたが、これを要約すると次のとおりである。

- (1) 標準機種として10機種を整備、発売した。
- (2) 圧縮機本体から発生する騒音の減少に努め、全体をパッケージ化することにより68~74dB(A)の低騒音圧縮機を完成した。
- (3) オイルセパレータのさび止め、オイルクーラの不活性化などにより、油の寿命延長を図るとともに、ベアリングの交換時間を12,000時間として、メンテナンスサイクルの延長を図った。
- (4) 始動盤、アフタークーラなどをパッケージ内に収納し配線、配管の接続だけで運転できるようにし、顧客の負担軽減を図った。

日立パッケージ形スクリーユ圧縮機は発売されたばかりであるが騒音、振動の少ない産業公害対策に適した機種として好評を得ている。今後、更に機能、性能の充実に努め、保守のやさしい信頼性のある圧縮機として顧客の要望にこたえていきたい。

参考文献

- 1) 常富ほか2名「日立油冷式スクリーユ圧縮機OSシリーズ」、日立評論、54、324(1972)



井戸ポンプの凍結破損防止装置

篠岡 勇・小川勝晟・他1名
特許 第801483号(特公昭50-4884号)

本発明は、羽根車を回転自在に収納したポンプケーシング、同ポンプケーシングと連通する気水分離室、圧力タンク、及び同圧力タンクと気水分離室を連通する吐出し管より成る井戸ポンプの凍結破損防止装置に関するものである。

この種井戸ポンプの据付場所は、普通一定しておらず、そのふんい気の温度が氷点を下がることしばしば生ずる。したがって、ポンプケーシングや気水分離室及び圧力タンク内の水が凍結し、構成部品が凍結によって破損する事故が生ずる。

そこで本発明は、冬季凍結時でも井戸ポンプの破損を防止できる凍結破損防止装置を提供した。

すなわち、図1に示すように気水分離室⑤内に、吸収体⑪を収納し、同吸収体⑪を発泡合成樹脂、あるいは発泡ゴムなどの弾性をもつ独立気泡体で形成した。

この構成により、ポンプケーシング②、気水分離室⑤、吐出し管⑧内に水が満たされた状態でポンプが停止した場合、気温の

低下によって、まずポンプケーシング②内の水が凍結し始める。次に吐出し管⑧内の水が凍結する。最後に気水分離室⑤が凍結すると、凍結による体積膨張によって気水分離室⑤内の圧力は高まろうとするが、その体積膨張分を吸収体⑪が吸収し、破損、あるいは変形などの弊害を防止する。

また、吐出し管⑧がまだ完全に凍結しない状態では、ポンプケーシング②及び気水分離室⑤の圧力の増大を吐出し管⑧を通して圧力タンク①で負担し、気水分離室⑤の負担が軽減されるので、吸収体⑪が気水分離室⑤内にあると、吸収体⑪を小さくすることができる。

また、吸収体⑪が独立気泡体で作られているため、ポンプの繰返し運転により独立気泡体の少数の気泡が破損しても他の残りの気泡によって吸収効果が損われず、十分な機能を長期間発揮する。

このように、本発明によれば簡単な構成で長期間の使用に耐え得る井戸ポンプの凍結破損防止装置を提供できる。

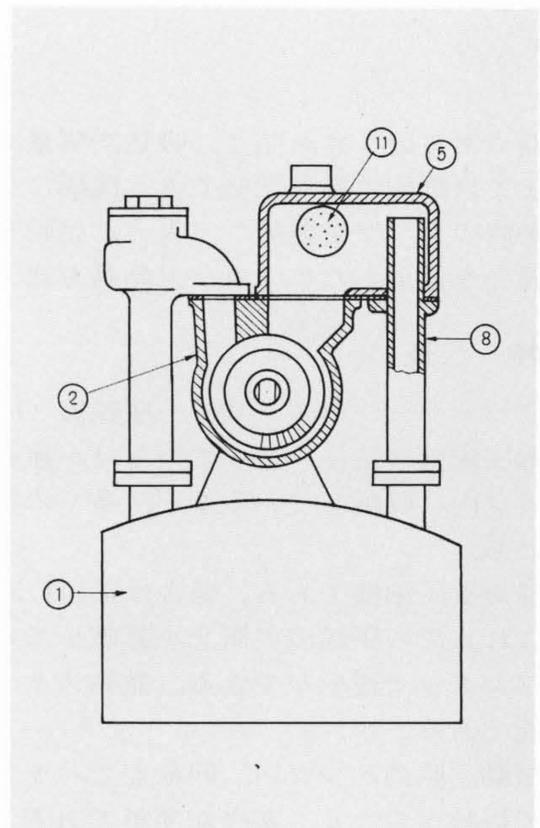


図1 井戸ポンプの要部断面正面図