

# 日立油冷式スクリー圧縮機「OSシリーズ」

Hitachi Oil Injection Screw Compressor

常 富 実\* 石 川 元 之\*\* 和 田 栄 吉\*\*\*  
Minoru Tsunetomi Motoyuki Isikawa Eikichi Wada

## 要 旨

圧縮過程に油を噴射し、効率を上げる油冷式スクリー圧縮機は保守が容易で、振動騒音が少ないという特長があり、広く動力用空気源として使われてきた。日立油冷式スクリー圧縮機OSシリーズは、スクリー圧縮機の持つ機構が単純であるという特長をさらに発揮させるため、専用オーバハングモータの開発、ユニット化の採用により、据付、基礎工事を簡単にして、需要家の負担を軽減することに成功した。さらに非対称歯形の使用により性能を向上し、ブローホールが性能に及ぼす影響を明らかにした。経済的な圧縮機の運転を行なうことは現代の強い要請であり、多数台を並列運転する方法として台数制御方式を確立し、合理化、省力化の一方法を提示した。

## 1. 緒 言

スクリー圧縮機は、周知のとおりスウェーデンSRM社（Svenska Rotor Maskiner A.B.）で開発されたものである。その初期においては、ロータ間に全く接触がなく、吐出し空気中に油を含まないオイルフリー圧縮機として発展してきた。その後、圧縮が行なわれるケーシングの中に、多量の油を噴射することにより、回転数を低下し、漏洩（ろうえい）を少なくして運転効率を上げる汎用圧縮機が開発され、保守容易、小形軽量、振動が少ないなどの利点を持って広く動力用空気源として使われるようになった。

日立製作所は、昭和41年前記SRM社と技術提携し、スクリー圧縮機の製造販売を開始した。今回、従来のスクリー圧縮機にはない、ユニット化の採用、オーバハングモータの採用により高性能化の特長を持つ油冷式スクリー圧縮機を開発し、すでに125～500kWまで百数十台に及ぶ納入実績をあげ、顧客の好評を得ている。

産業界における合理化、省力化が進むなかで設備の自動化は時代の要請であり、圧縮機の開発のみでなく、ソフト面の運転方式の開発もわれわれに課せられた急務である。経済的な運転方式として台数制御方式を確立したので、あわせてその詳細について述べることにする。

## 2. 油噴射の意義

スクリー圧縮機は4枚歯の凸（とつ）面を持った雄ロータ、6枚歯の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、ロータ溝（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。

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し、効率の向上、吐出し温度の低下を図っている。この油の役割は

- (1) 空気を圧縮するときが発生する圧縮熱を除去して、圧縮をできるだけ等温圧縮に近づける。
- (2) 雄ロータと雌ロータ間に生ずるギャップ、およ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、内部漏洩損失を少なくする。
- (3) 雄ロータより雌ロータを直接駆動するための潤滑

の三つである。

この油の噴射は、吐出し空気中に油を全く含まないオイルフリー空気を得られるというスクリー圧縮機固有の特性を自ら放棄したことになるが、スクリー圧縮機の用途をきわめて小容量域まで広げたという点で意義がある。すなわち、オイルフリー圧縮機では、ロータ間ギャップを保つタイミングギヤを必要とし、内部温度上昇を小さくするため、増速ギヤにより回転を上げる必要がある。したがって騒音が高く、機械損失の増大のため、全断熱効率が悪いという欠点があった。油の噴射により内部漏洩損失を減少させ、低い回転数でも効率を上げることができ、低騒音と機構の簡易化を実現し、汎用圧縮機として、往復動圧縮機に匹敵する機能を得るようになった。

## 3. ロータ歯形

油冷式スクリー圧縮機は、従来往復動圧縮機に比較して全断熱効率が約10%程度悪いという面では、往復動圧縮機に一步ゆずらざるを得なかった。この理由は油冷式スクリー圧縮機の、圧縮原理が容積形圧縮機で圧縮過程における内部漏洩の多少が性能に大きい影響を与え、これまでのいわゆる円弧歯形の内部漏洩が大きかったためである。性能向上のため非対称歯形の開発が進められ、全断熱効率の点でも、往復動圧縮機との差が縮められ、経済的運転が可能になってきた。

日立油冷式スクリー圧縮機OSシリーズは、日本で初めて非対称歯形を採用し、性能の改善に成功したものである。ここでは、従来の円弧歯形との対比において、新しく採用した非対称歯形の特長を述べる。

### 3.1 ロータの圧縮機構

スクリー圧縮機の互いにかみ合ったロータの一つの歯溝の容積とロータ回転角との関係は図1のようになる。

ロータの回転に伴い容積が増大する期間には歯溝に空気を吸入し、容積が最大になったときにケーシングによって歯溝の中の空気を閉じこめる。さらにロータの回転が進むとロータ歯溝とケーシング間に囲まれた容積は減少して、圧縮が行なわれる。ロータの回転があるところまで進むとケーシングにあけた吐出し口と歯溝が連絡し、吐出し口から圧縮された空気が流出する。

雄ロータと雌ロータのかみあい部を境にして、歯溝の一方では圧縮、吐出し、他方では吸入が行なわれていることになり、スクリー圧縮機はあたかも復動の往復動圧縮機のように作用している。

\* 日立製作所川崎工場  
\*\* 日立製作所日立工場  
\*\*\* 日立製作所大みか工場

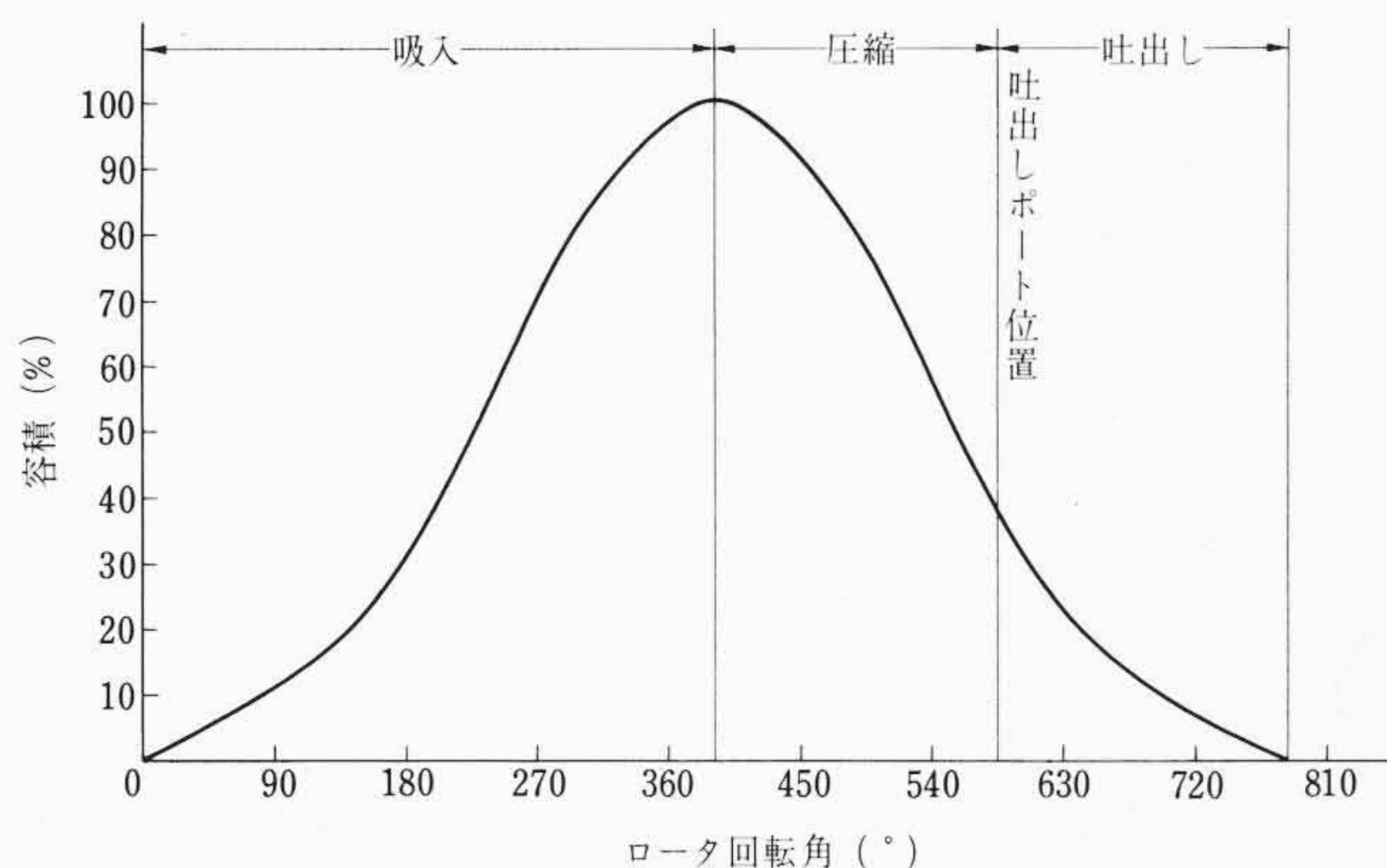


図1 ロータ回転角と歯溝容積の変化

このような圧縮機構の中で、内部漏洩の発生する個所は、次のとおりである。

- (1) 雄ロータと雌ロータのかみあい部を通じて、吐出し側から吸入側への漏洩
  - (2) ロータサイドギャップを通じての漏洩
  - (3) ロータ外周とケーシング内面とのギャップを通じて、一つの歯溝から次の歯溝への漏洩
  - (4) ロータの歯形によって決まる相隣(とな)る歯溝を連絡する通路、いわゆるブローホール(blow hole)を通じての漏洩
- があり、このうち (1), (2)は往復動圧縮機におけるピストンリングからの漏洩に相当するが、(3), (4)については、往復動圧縮機にはこれに相当するものがなく、この漏洩がスクリー圧縮機の特徴を支配しているといえる。

### 3.2 かみあい部のシールライン

従来の油冷式スクリーコンプレッサに使用されていたロータの軸直角断面は図2に示すとおりで、図からわかるように、歯形はピッチ・サークル上に中心を持つ円弧と、雌ロータのピッチ・サークル上の点Cによって創成されるサイクロイドからできており円弧歯形または対称歯形と呼ばれる。

これに対して、今回開発された非対称歯形は図3に示すとおり、その歯形は、

- a-b: 直線
- b-c: 雄ロータのh点により創成される曲線
- c-d: PCD上のk点を中心とする円弧
- d-e: l点を中心とする円弧
- f-g: a-bにより創成される曲線
- g-h: b点によって創成される曲線
- h-i: PCD上に中心をもつ円弧
- i-j: d-eによって創成される曲線

からできており、円の包絡線、トロコイド曲線が構成の大部分を占めている。

両歯形の接触点の軌跡は、図2、図3に太い実線で示してある。この接触点軌跡を軸方向に投影し、両歯形を比較したものが図4である。この図から、接触点軌跡の長さは、対称歯形のほうが短く、単純な吐出し側から吸入側への漏洩という点では、対称歯形がすぐれているが、次に述べるブローホールの影響もあわせ考えねばならない。

### 3.3 ブローホール

対称歯形における接触点軌跡は図2に見るように、ケーシングの干渉点Eと大きく離れている。このことは、一つの歯溝とこれに相接する歯溝を連絡する通路が存在することを示している。この通路はブローホールと呼ばれている。

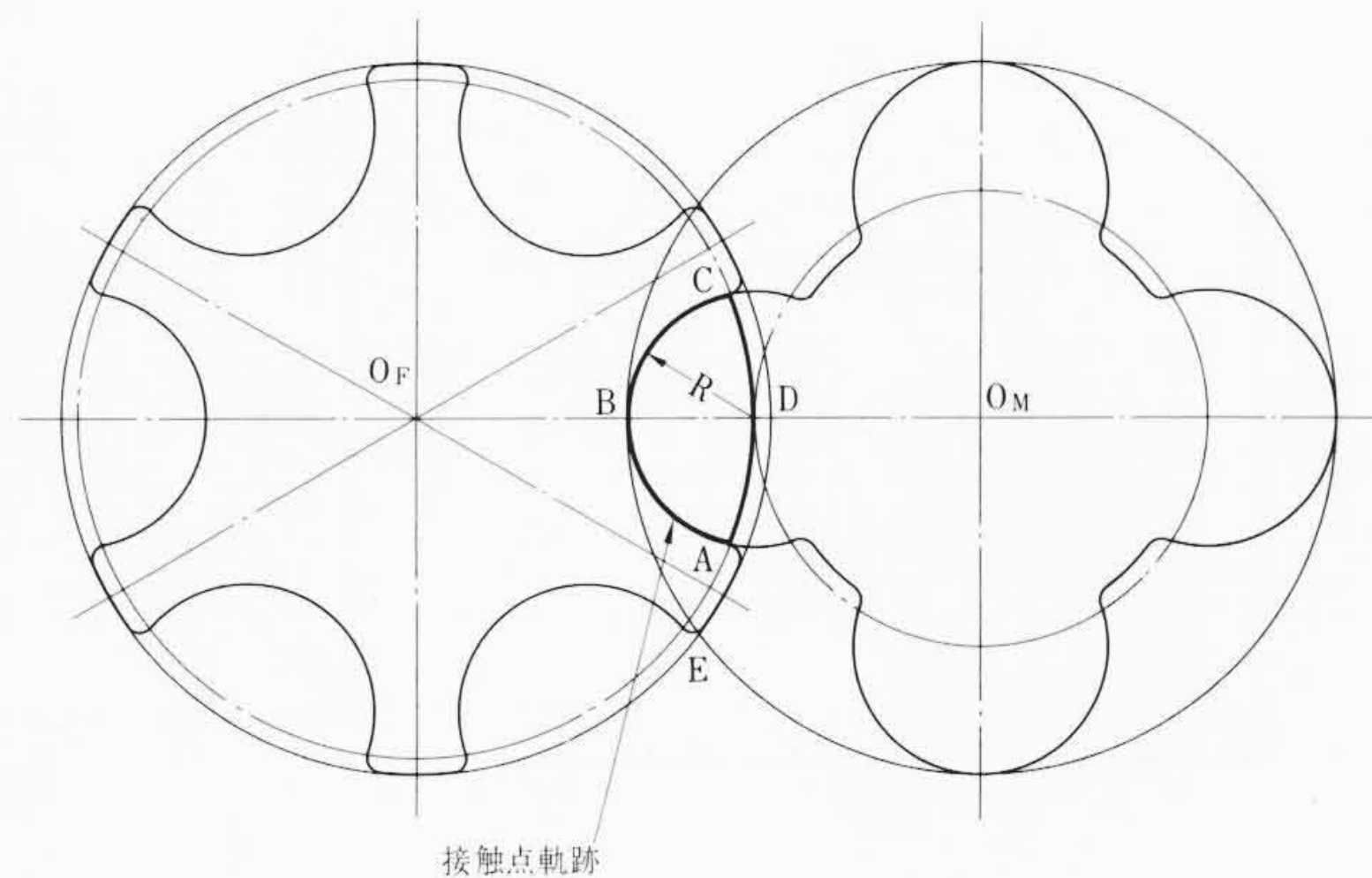


図2 対称歯形

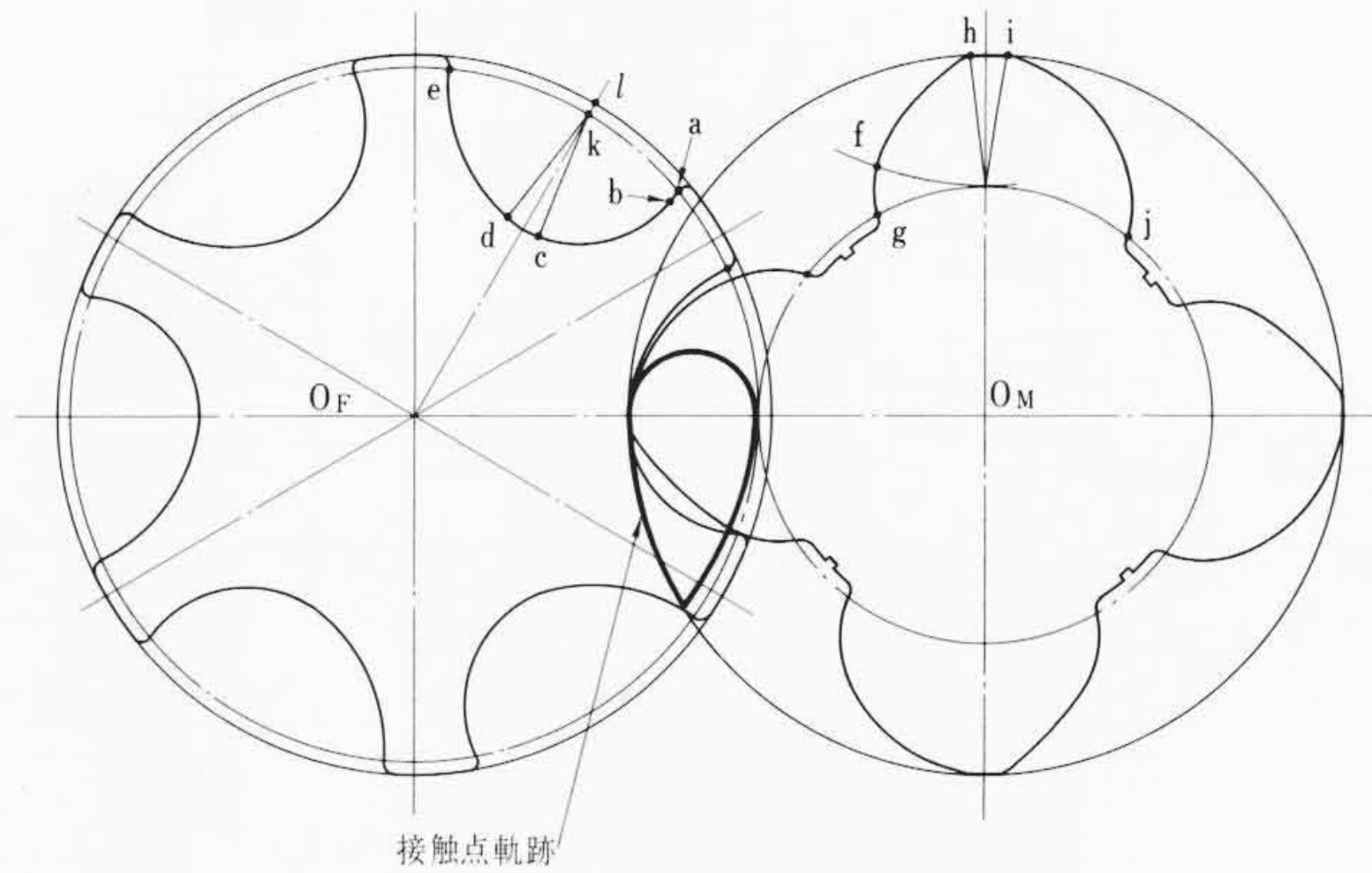


図3 非対称歯形

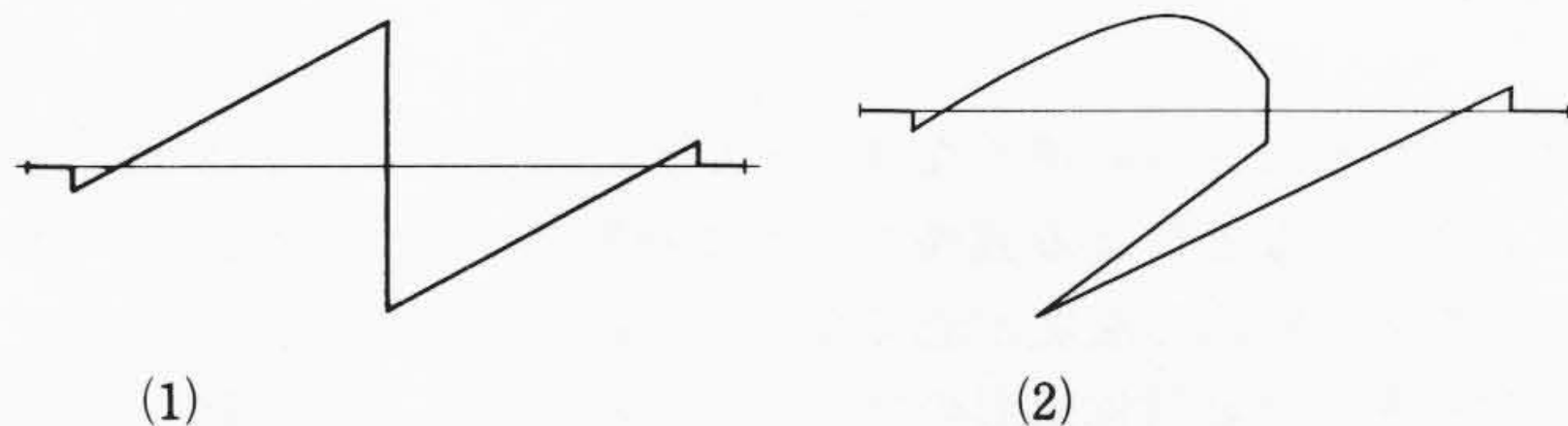


図4 接触点軌跡

圧縮中は各歯溝の圧力は、一つ一つ異なっているため、このブローホールを通じて圧力の高い歯溝から低い歯溝へと歯溝間の漏れが生じており、またロータ外周とケーシング内面とのギャップを通して、歯溝間の漏れが生じている。

油冷式スクリー圧縮機では、圧縮中に多量の油を噴射し圧縮熱の除去を行なっているため、吐出し空気の温度は断熱圧縮の場合に比べて非常に低く、その状態変化は、断熱指数が取扱いガスの比熱比により小さいポリトロプ変化に近似できる。しかし軸動力はポリトロプ変化の場合のように軽減されない。

今、かみ合っているロータの相隣る歯溝内の圧力を考える。ブローホールなどによる歯溝間の漏洩がない場合、図5(1)の $P_1, P_2$ のような圧力上昇になるとする。油冷式スクリー圧縮機では、実際にはブローホールによる漏洩があるため、圧力上昇は $P'_1, P'_2$ のようになり、規定圧力に近づくとゆるやかになる。この二つの歯溝の圧力差をとると図5(2)のようになる。

一方、油冷式スクリー圧縮機の歯は、往復動圧縮機のピストンと同じ作用をし、ロータの回転に伴いかみあい部が吐出し側に近づくから、圧力差を受ける面積は減少してくる。

圧力差と受圧面積との関係により、所要動力が示されることになり、ブローホールなどによる歯溝間の漏れが軸動力を増大させていることがわかる。

圧力上昇は、ブローホールの面積、歯溝の容積および圧縮の速度によって決まり、低速になれば漏洩量の増大によって $P_1, P_2$ の

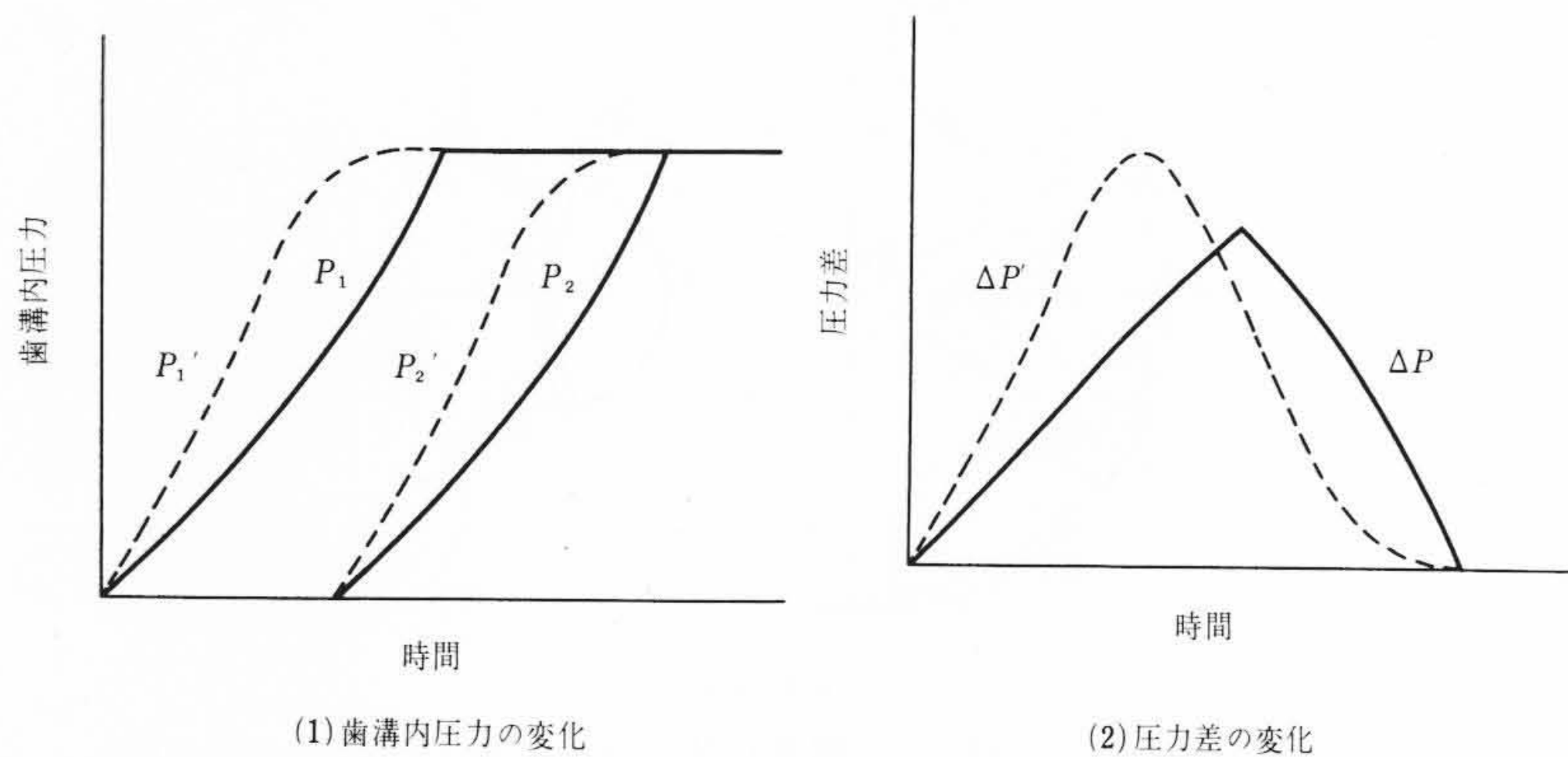
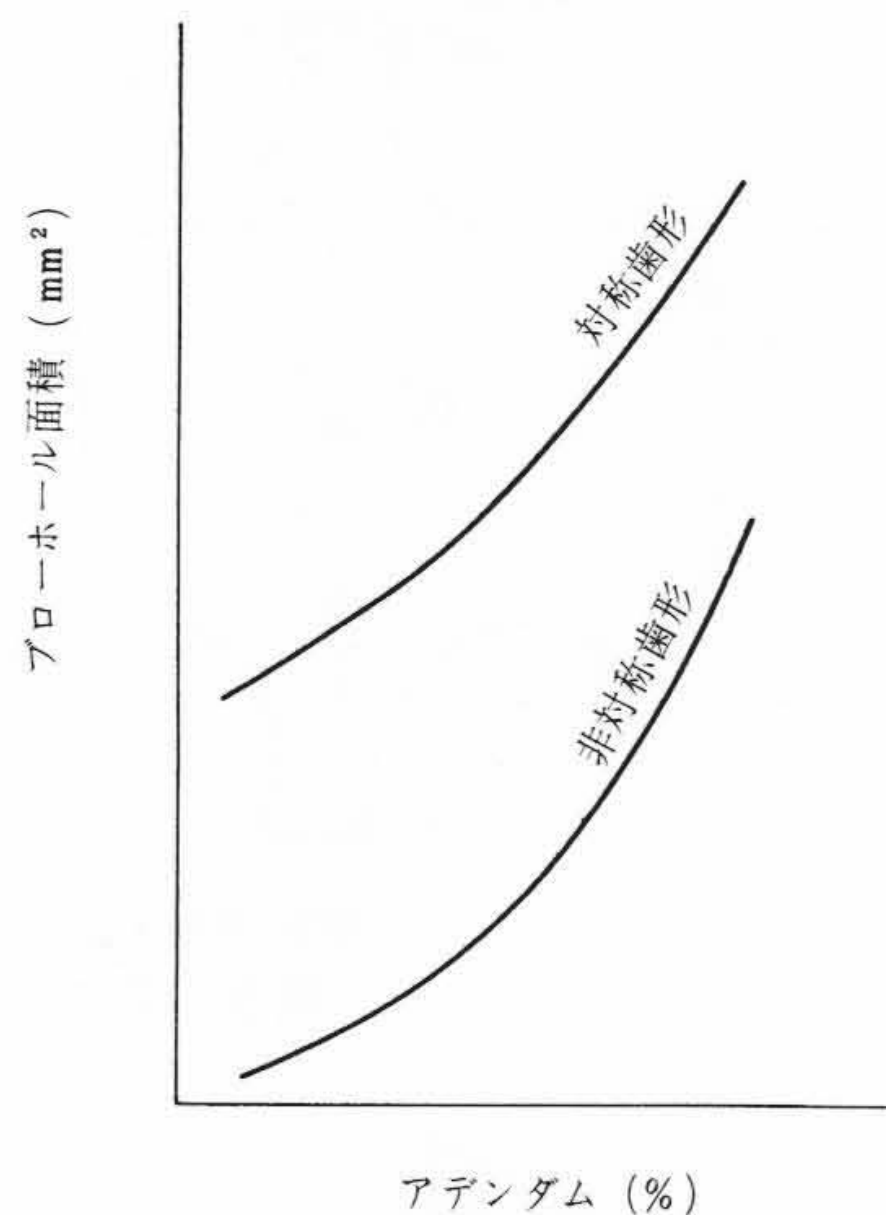


図5 ブローホールの影響

図6 ブローホールの大きさ比較



立ち上がりはさらに速くなり、トルクは増大する。このようにブローホールなどによる漏洩のために軸動力が増大しており、油冷式のために吐出し温度が低くなっても軸動力は軽減されない。

対称歯形と非対称歯形のブローホールの大きさを比較すると図6のようになる。この図からわかるように非対称歯形は従来の対称歯形に比べてブローホールの面積はアデンダム3%では約 $\frac{1}{4}$ になっており、非対称歯形はブローホールを小さくする目的で作られたといえる。このことは軸直角断面の接触点の軌跡図3でも、吐出し側のブローホールは小さくなっており性能上好ましいことがわかる。吸入側についてはブローホールが大きくなっているが、吸入側では各歯溝の間には圧力差がないから問題はない。

### 3.4 性能の差異

対称歯形と非対称歯形との性能の比較を示したのが図7である。

非対称歯形では低速において性能が良く、これはブローホールによる内部漏洩の影響が少ないためと考えられる。

一般にロータ周速をパラメータにとると、図に見られるように最適値が存在し、この最適周速以下でも、以上でも性能が低下する。これは、低速ではロータかみあい部からの漏洩、ブローホールによる動力損失が増加し、高速域では漏洩損失は減少するが、内部噴射油をロータが攪乱(かくらん)するための動力損失が増加するためである。

## 4. 日立油冷式スクリー圧縮機の特長

油冷式スクリー圧縮機は、往復動圧縮機と比較して高速回転であるから、圧縮機本体は小形軽量になるという特長を持っている。しかし、オイルセパレータ、オイルクーラなどの補器、本体との配置を総合的にまとめたとき、必ずしも往復動圧縮機に比べて据付面積が小さいとはいえなかった。日立油冷式スクリー圧縮機は、SRM社により開発された圧縮機の本体技術に加えて、オーバハングモータ、ユニットシステムなどの取りまとめ技術を

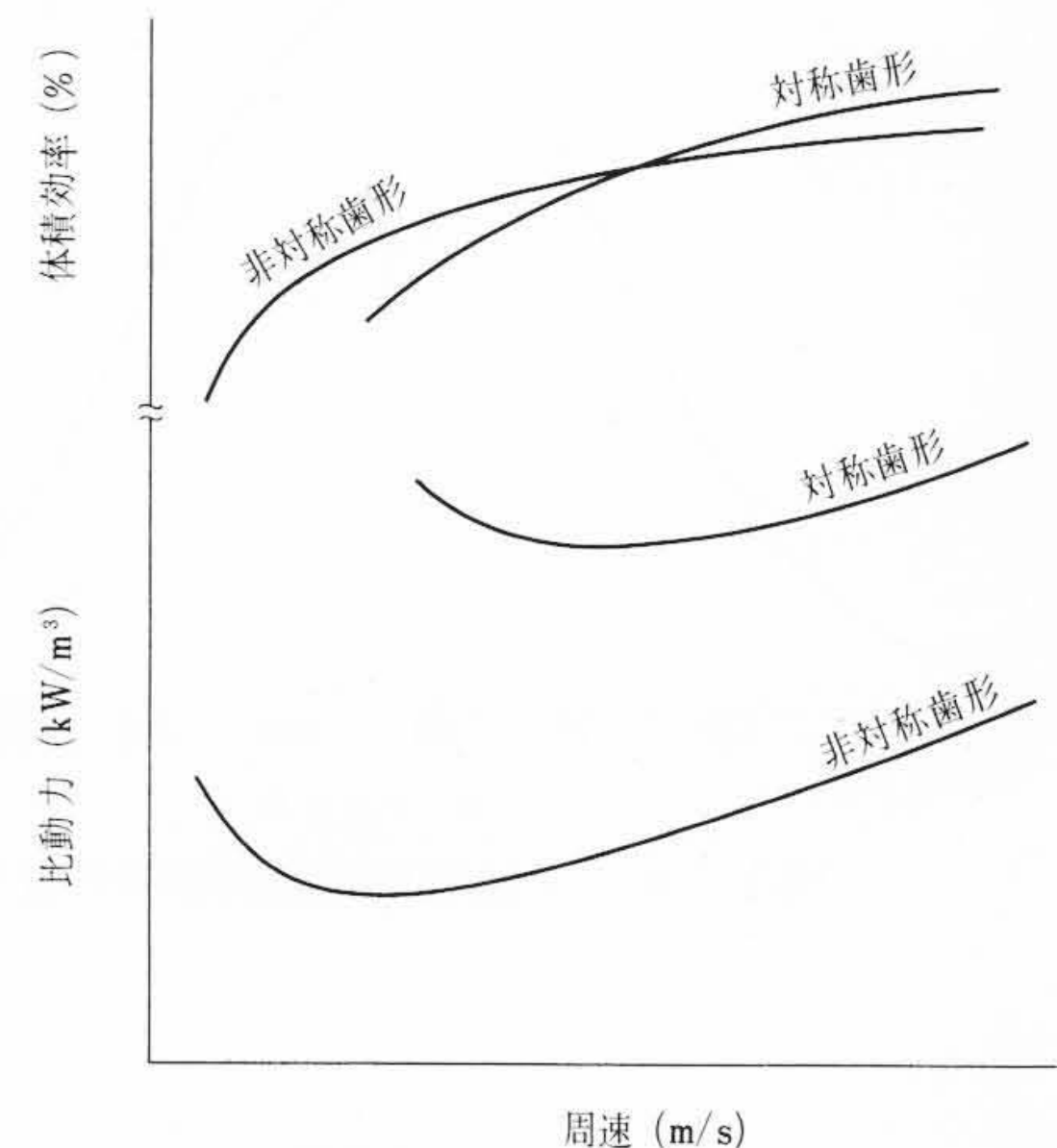


図7 性能比較

結集して、これまでにないイメージを持つ油冷式スクリー圧縮機を開発した。ここでは日立油冷式スクリー圧縮機の特長を述べることにする。

### 4.1 標準仕様

表1は日立油冷式スクリー圧縮機の標準仕様を、図8は外観を示したものである。いずれも2段圧縮機で、吐出し圧力は7 kg/cm<sup>2</sup>gで50Hz地区3機種、60Hz地区3機種計6機種がある。

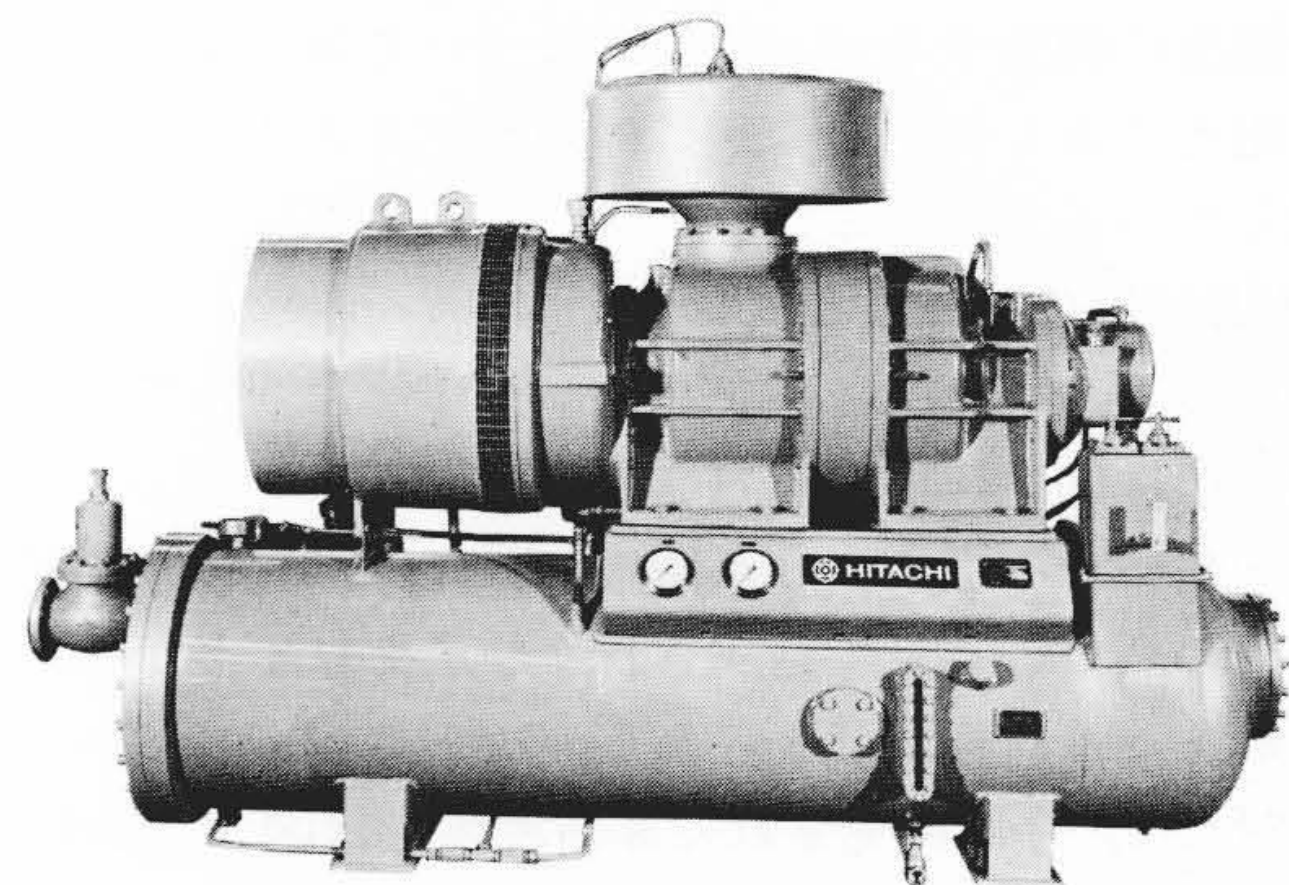


図8 外観

表1 標準仕様一覧表

| 形 式                              | OS-13   | OS-16   | OS-20 | OS-15   | OS-19   | OS-24 |
|----------------------------------|---------|---------|-------|---------|---------|-------|
| 回 転 数 (rpm)                      | 1,460   |         |       | 1,755   |         |       |
| 容 量 (m <sup>3</sup> /min)        | 22      | 28.5    | 35.2  | 26.5    | 34.2    | 41.5  |
| 吸 入 圧 力                          | 大 気 圧   |         |       | 大 気 圧   |         |       |
| 吐 出 し 圧 力 (kg/cm <sup>2</sup> g) | 7       |         |       | 7       |         |       |
| 取 扱 気 体                          | 常温空気    |         |       | 常温空気    |         |       |
| 電 動 機 (kW)                       | 125     | 160     | 200   | 150     | 190     | 240   |
| サ イ ク ル (Hz)                     | 50      |         |       | 60      |         |       |
| 電 圧 (V)                          | 3,000   |         |       | 3,300   |         |       |
| 吐 出 し 配 管 径                      | 4 B     | 4 B     | 6 B   | 4 B     | 4 B     | 6 B   |
| 冷 却 水 配 管 入 口 径                  | 1 1/2 B | 1 1/2 B | 2 B   | 1 1/2 B | 1 1/2 B | 2 B   |
| 冷 却 水 配 管 出 口 径                  | 1 1/2 B | 1 1/2 B | 2 B   | 1 1/2 B | 1 1/2 B | 2 B   |
| 重 量 (kg)                         | 4,100   | 4,500   | 5,200 | 4,300   | 4,700   | 5,500 |
| 全 長 Lmm                          | 3,000   | 3,125   | 3,450 | 3,100   | 3,250   | 3,650 |
| 全 高 Hmm                          | 2,000   | 2,075   | 2,110 | 2,050   | 2,150   | 2,300 |
| 全 幅 Wmm                          | 1,150   | 1,155   | 1,650 | 1,180   | 1,200   | 1,800 |
| クーラ管束拔出寸法 Tmm                    | 2,000   | 2,000   | 2,500 | 2,000   | 2,000   | 2,500 |

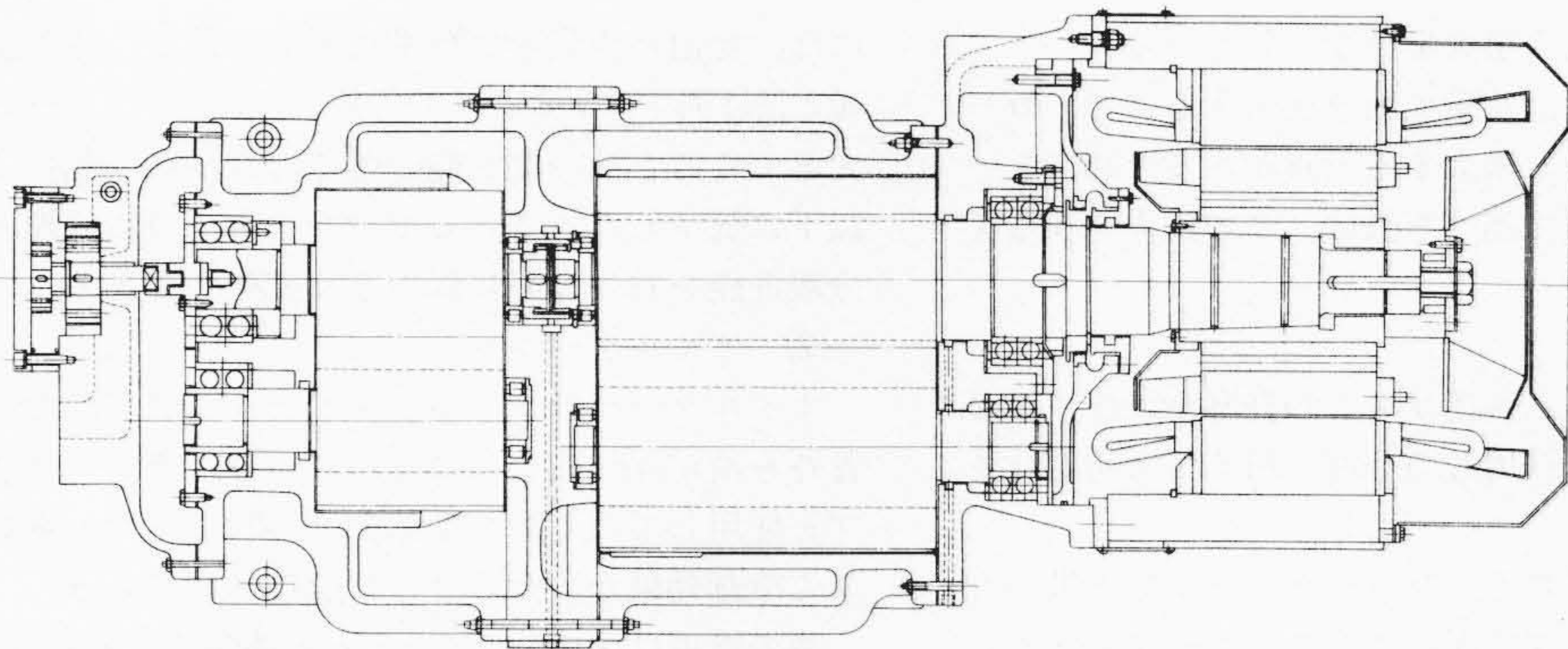


図9 圧縮機本体構造

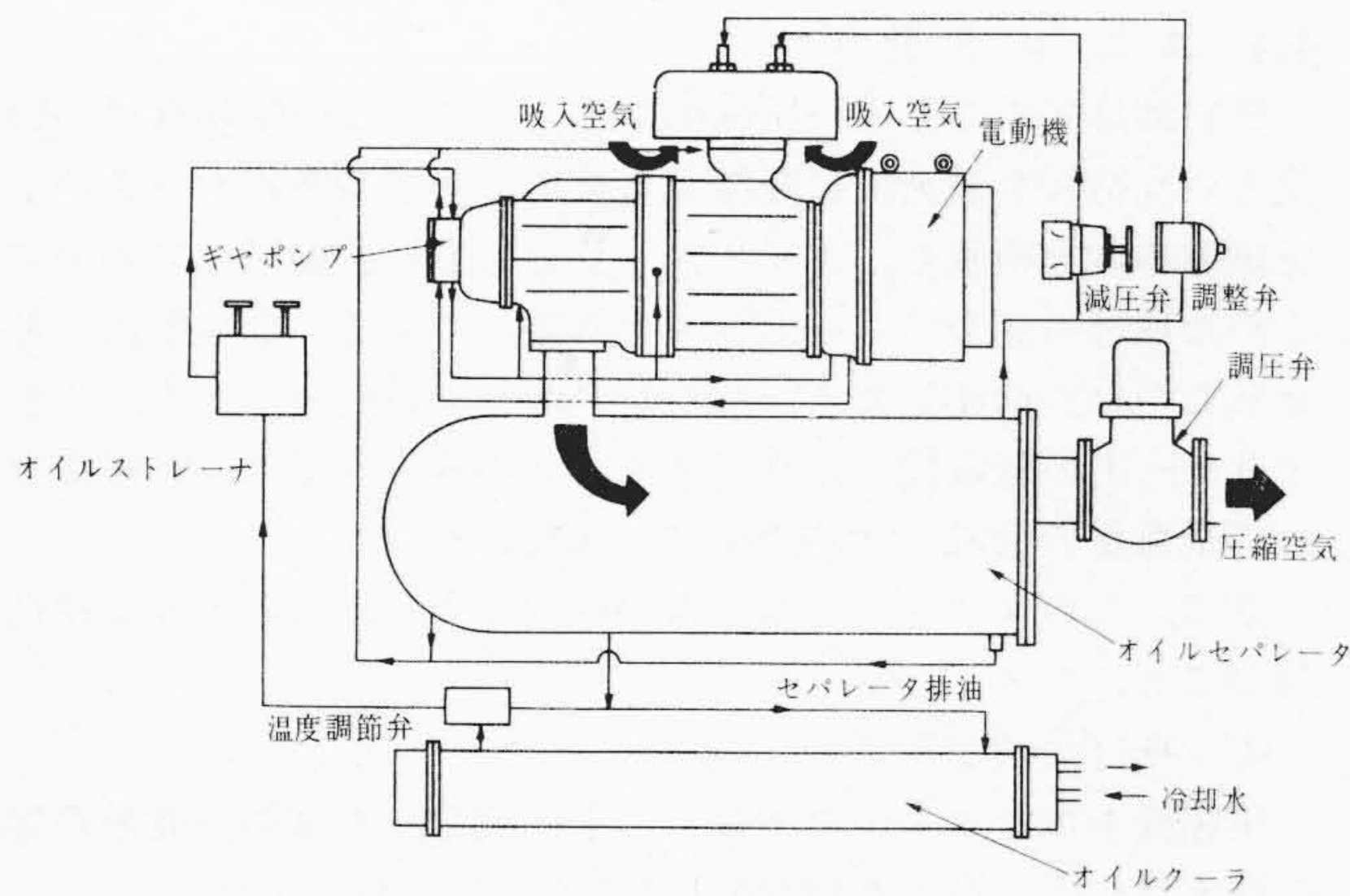


図10 フローシート

## 4.2 本体構造

圧縮機本体の構造は図9に、フローシートは図10に示すとおりである。

1段雄ロータは、シャフトに結合したオーバハングモータにより駆動され、雌ロータは雄ロータから直接駆動される。2段雄ロータは、1段雄ロータからギヤカップリングにより駆動され、2段雌ロータは2段雄ロータから直接駆動される。各ロータの吸入側にはローラベアリング、吐出し側には組合せアンギュラボールベアリングが配置されて、吐出し圧力と吸入圧力の差により生ずるラジアル荷重、スラスト荷重をささえている。このベアリングによりロータとケーシングとのギャップは一定に保たれる。また2段雄ロータの吐出し側にはアンギュラボールベアリングのほかに、バランスピストンがあり油圧を受けてボールベアリングに作用するスラストを緩和する構造になっている。各段の吐出し側には、吐出し圧力以上の油圧をロータシャフトとケーシングのギャップに供給し、空気の漏れを防ぐオイルフィルムシールがある。

油冷式スクリー圧縮機では、圧縮機本体以外に、本体に噴射した多量の油を吐出し空気から分離回収するオイルセパレータ、分離回収した油を冷却するオイルクーラが基本構成として付属する。

### 4.2.1 オーバハングモータの採用

スクリー圧縮機はバルブ、ピストンリングなどの消耗部品がなく、部品点数も少ない。したがって信頼性が高く、保守が容易なので、人手不足を救う決定的要因として需要が大きく伸びている。このような長所をさらに生かすため、開発にあたっては部品点数の減少に努めた。これまでスクリー圧縮機は、回転数上昇のため増速ギヤを使用するため、ベアリングの増加、増速ギヤの保守が必要であった。

日立油冷式スクリー圧縮機は、構造が簡単であるというスクリー圧縮機の利点を生かし、信頼性の向上を図るため、4極モ

ータ直結とし、増速ギヤの保守を不要としたほかギヤのかみあい音発生を防止している。特に4極モータには、専用のオーバハングモータを開発した。

オーバハングモータは、圧縮機のシャフトに直結するので、できるだけ寸法を詰めるとともに回転子の重量を下げ、シャフトのたわみを減少する必要がある。構造的に次のような配慮が払われた。

- (1) 回転子はアルミダイキャスト製の特殊かご形回転子式で、普通の回転子に比べて、寸法重量とも小さくなっている。これによって圧縮機本体を含めて全体が小形軽量となり、オイルセパレータの架台に積載することが可能となった。
- (2) 専用設計により高効率で低騒音の押込ファンを冷却ファンとして使用したので冷却効果が良く、コンパクトにまとめることができた。
- (3) 固定子鉄心、回転子鉄心ともに通風用ダクトのない構造として塵埃(じんあい)がダクトに詰まらないようにした。したがってダクトの目詰まりによる温度上昇はなく、長期間無保守、無掃除の運転ができる。
- (4) 空気出入口のカバーはいずれも固定子わくにねじ止めされているので、巻線部分の点検、掃除が容易である。
- (5) F種ハイパクトエポキシ樹脂絶縁を採用、コイルコア一体注入によりコイル間の接続部までエポキシ樹脂の含浸が完全に行なわれ、飛躍的に信頼性を向上した。

オーバハングモータの開発により、次のような長所を備えるようになった。

- (1) 増速ギヤ、カップリングの除去による部品点数の減少、信頼性の向上。
- (2) カップリング心出し作業が不要であるから、分解点検時の作業が簡単になった。
- (3) モータを含めた圧縮機本体の超小形化。
- (4) モータ関係のベアリングの保守点検不要。
- (5) モータを含めた保守の容易化

### 4.2.2 ケーシング構造

スクリー圧縮機の吐出し圧力は、ケーシング吐出しポートの設計位置により決まり、使用圧力が設計圧力より高い場合には、過圧縮が行なわれ、低い場合には膨張が行なわれる。したがって吐出しポートの設計は性能に大きな影響を与えることになる。このため各種の実験を行ない、最適ポートを設計し、1、2段のロータ径、長さを決めているので、中間圧力は、2段圧縮における理想値に近く、損失を最小に押えることができた。一方、吸入ポートの設計は、ロータ溝全体にじゅうぶん空気を吸入し、圧縮が始まる前にケーシングによりポートを閉じることが理想であり、これにより吸入圧力の損失および圧縮による漏洩を少なくしている。吸入ポートは、1段ケーシングで軸方向ポートのみを採用し、

ロータの遠心力により生ずる吸入損失を少なくしている。

油冷式スクリー圧縮機では、多量の油を注入するので、ロータが油を攪拌(かくはん)し損失が増大する欠点があるため、ケーシング半径方向に、可能な範囲で逃げを設け、この損失を少なくしている。

#### 4.2.3 部品構造

部品構造で特に留意したのは、ベアリングの長寿命化と1、2段結合部にギヤカップリングを採用して分解、組立ての容易化を図ったことである。

ベアリングはロータ荷重をささえ、ロータとケーシング間のギャップおよびロータ間のギャップを保っており、ロータとともにスクリー圧縮機の心臓部である。スラスト荷重の大きい2段圧縮機雄ロータ側には、バランスピストンを設け、油圧により吐出し圧力のため生ずるスラスト荷重をバランスさせ、ベアリングの負荷荷重を減少させている。ベアリングの寿命をいずれも2万時間以上にするとともに、信頼性を向上し、長期間の連続運転が行なえるようにした。

1、2段の結合部にはギヤカップリングを採用し、従来行なわれていた1段ロータシャフトへの2段ロータの焼ばめを廃止し、1段ロータと2段ロータを分離したので分解、組立てが容易化された。またギヤカップリングの採用により、1段ロータと2段ロータの心狂いを緩和し、1段ロータの熱膨張を避けることができた。これらの対策はいずれもベアリングの寿命確保にきわめて有効である。

#### 4.3 補機構造

##### (1) オイルセパレータ

油冷式スクリー圧縮機は多量の油を本体の中に噴射するため、この油を分離する高性能なオイルセパレータが必要となる。図11はオイルセパレータの構造を示したものである。

圧縮機から吐き出された油を含んだ空気は、衝突板に衝突し、大部分の油を除去したのち、方向転換を行ない一次セパレータにはいり、微細化したミストを成長させる。一次セパレータは数種類の太さの特殊繊維を層状に積み重ねたもので、軸方向に流入して半径方向に吐き出される。分離された油はセパレータ下部のオイルタンクにたまり、一部はミスト状になって二次セパレータ内部を通る。二次セパレータは適当な太さの繊維を打抜き鋼板で仕切って充填(じゅうてん)したものでセパレータをゆっくり流れる間に完全に油の粒子を捕集し、分離された油はセパレータ下部にたまり、オリフィスをへて圧縮機吸入側へ戻される。

油分離効率を向上するためには、吐出し空気中に含まれる油のミストを早急に増大させ、粒子を大きくして二次セパレータに衝突させるのがよいとされている。このため特殊繊維の組合せ方法、二次セパレータ内の流速などについて各種の実験を行ない、上述のような構造を採用し、よい性能を上げることができた。最終的

には、吐出し空気中に含まれる油の量は、往復動圧縮機の油含有量とほぼ同一にすることができた。またセパレータ内を通る流速が大きくなると油分離性能が悪くなるので、吐出し圧力を4 kg/cm<sup>2</sup>G以下に低下しないようにセパレータ出口には調圧弁を設けて、油分離性能を常に良好に保つよう配慮してある。

##### (2) オイルクーラ

オイルクーラはシェルアンドチューブ方式で、管内を冷却水、管外を油が流れるようになっている。チューブにはフィンチューブを使用しているので全体がコンパクトで、少量の水量でじゅうぶん冷却効果が上がるように設計されている。

油の管理は油冷式スクリー圧縮機では最も重要な事項であり、特に油の温度上昇は、油の寿命に関係するので、この点からもオイルクーラは油がじゅうぶん冷却されるよう設計されている。

#### 4.4 ユニット化

日立油冷式スクリー圧縮機では、スクリー圧縮機の小形軽量という特長を最大限に発揮するため、オイルセパレータの上に圧縮機本体を積載し、オイルクーラとともに共通ベースの上にまとめた独特の完全ユニットシステムとしてある。この配置を可能としたのは、前述したオーバハングモータの開発であり、これによりモータの軽量化と、カップリングの廃止ができ、圧縮機を含めて全重量の低減、寸法の縮減が達成された。

さて、このユニットシステムの採用により、次のような特長を持つことになった。

##### (1) 据付面積が小さい。

圧縮機本体をオイルセパレータ上へ積載した結果、従来の他圧縮機と比べて、据付面積を約1/2にすることができた。

##### (2) 据付工事が簡単である。

基礎は平坦(へいたん)でよく、据付時のカップリング心出し作業や圧縮機内部配管を行なう必要がない。また回転形であるから基礎も簡単である。

##### (3) 機動性に富んでいる。

完全ユニットシステムの採用により、全体がコンパクトにまとまり、トラックによる運搬が可能で、現地据付作業も直ちにできる。

#### 4.5 性能

前述した非対称歯形をロータに用いたので、ブローホール減少により性能が向上したことは言うまでもない。さらに、サクショアンローダ部通路に二環弁を使用して吸入流速をおそくして、吸入損失を減少し、オイルセパレータの圧力損失減少、油回収の効率化などにより総合的な性能の向上を図った。

全断熱効率は約78%にも達し、従来いわれていたスクリー圧縮機の効率は悪いというイメージを完全にぬぐい去った。

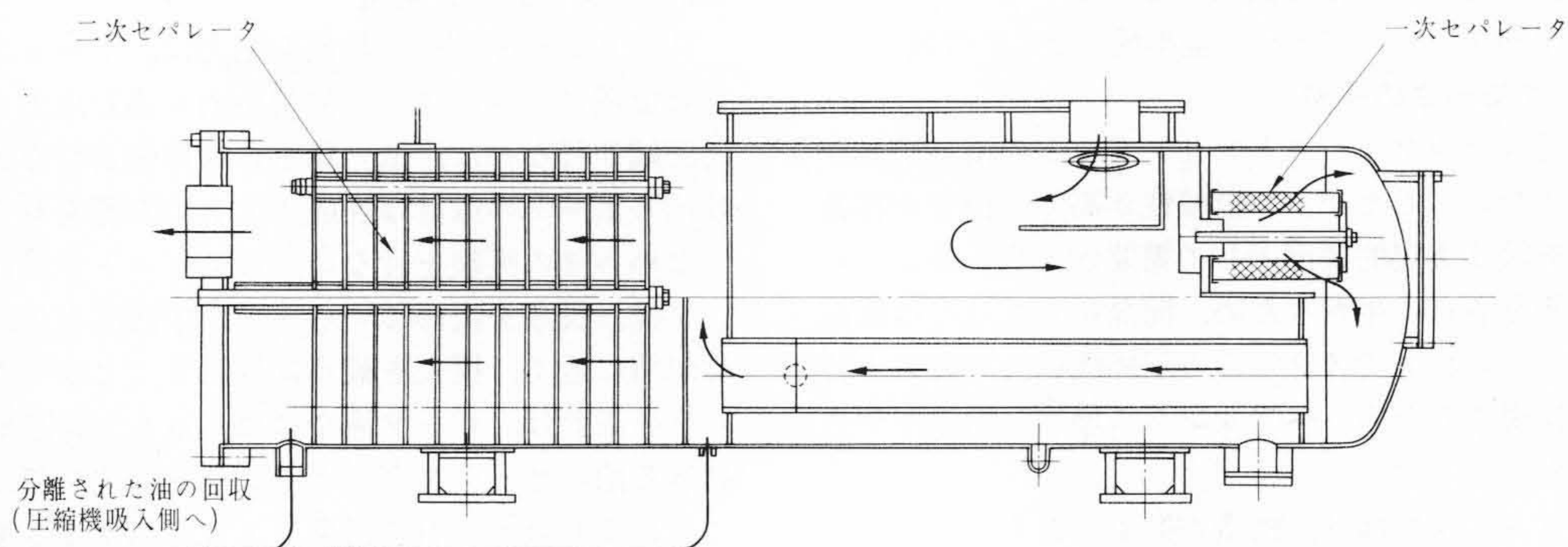


図11 オイルセパレータ構造

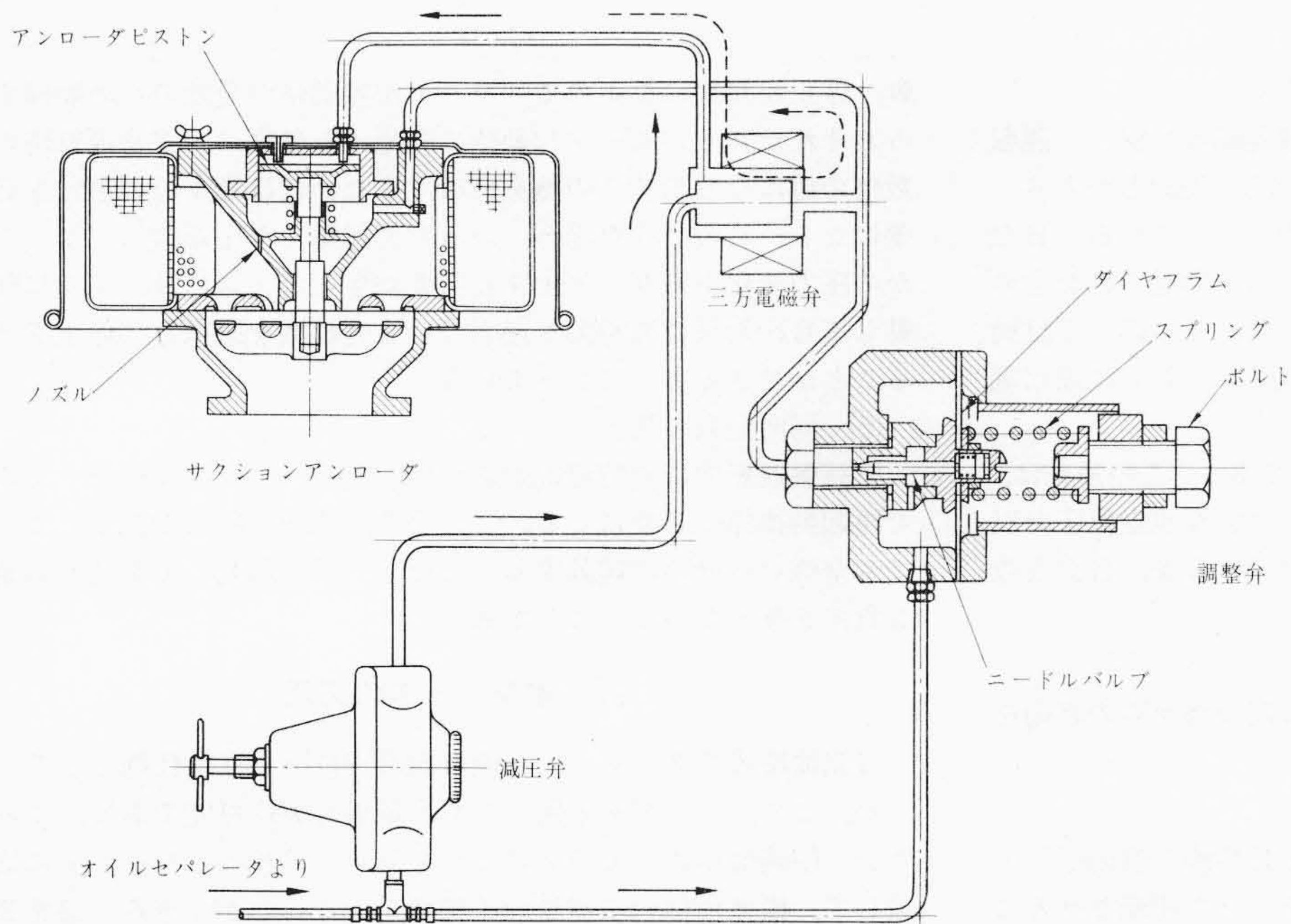


図12 サクションアンロード方式容量調整系統図

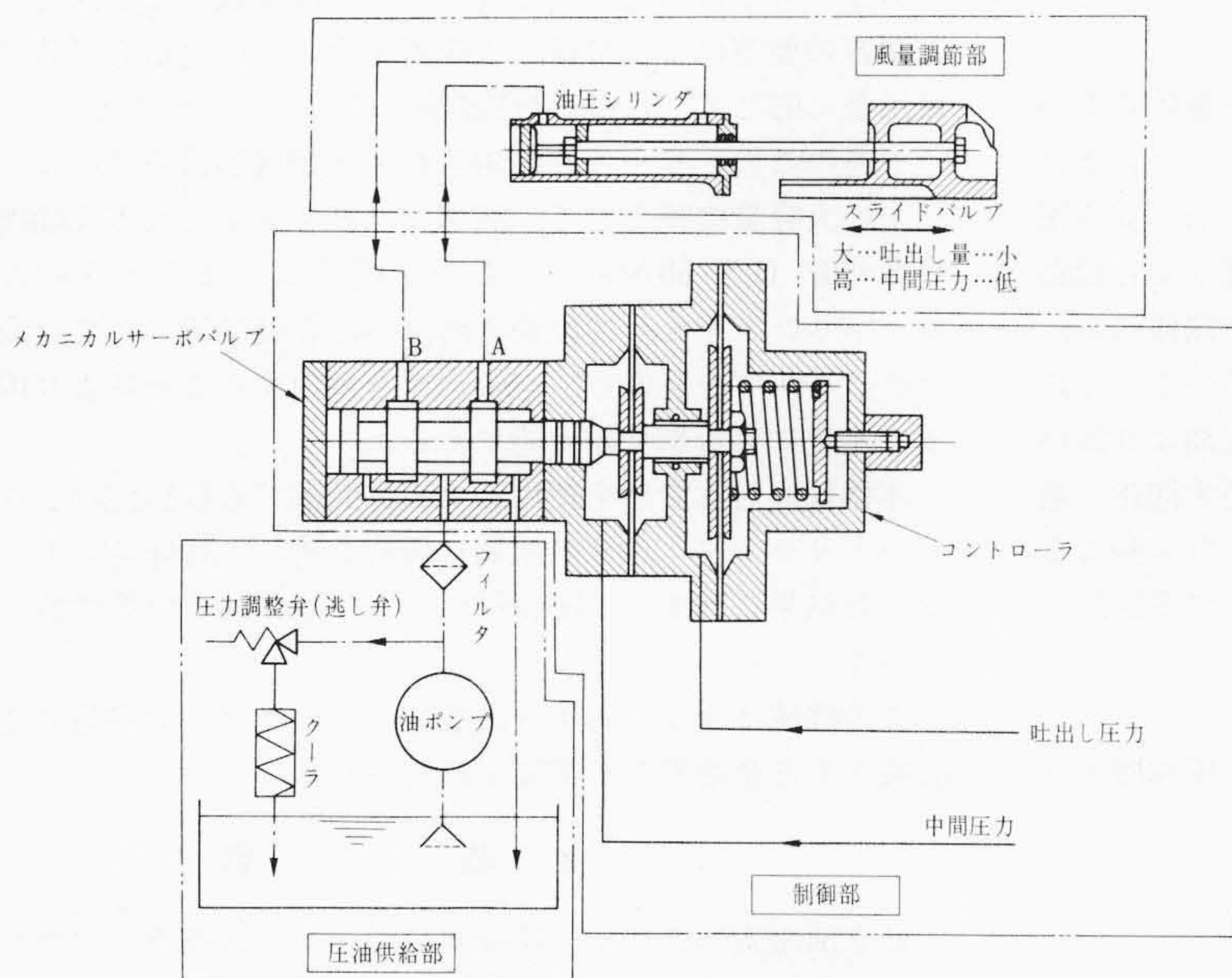


図13 スライドバルブ方式容量調整系統図

## 5. 容量調整装置

日立油冷式スクリー圧縮機では、容量調整装置として、190kW以下では吸気閉塞（へいそく）式いわゆるサクションアンロード方式を、200kW以上ではスライドバルブ方式を採用している。

### (1) サクションアンロード

サクションアンロードは、吐出し空気の使用量に応じて自動的にアンロードを閉塞して吐出し量を100%より0%まで無段階に変化させる。容量調整系統図は図12に示すとおりである。

容量調整装置はサクションアンロードのほか、調整弁、減圧弁からできている。いま吐出し空気の使用量が減少し、オイルセパレータの圧力が規定値を越えると、調整弁のダイヤフラムはスプリングに打ち勝ってニードルバルブを開き、減圧弁からの力に打ち勝ってアンロードピストンが上方に上がり、アンロードバルブを絞り始める。オイルセパレータの圧力がさらに上がるとアンロードバルブが全閉して圧縮機は全く空気を吸入せず無負荷の状態となる。

サクションアンロードはサクションフィルタに内蔵され、本体

をオイルセパレータ上に積載したにもかかわらず、従来機種とほぼ同一の高さに収めることができた。サクションアンロードバルブを二重環として全負荷時の空気流入速度を極力減少して吸入損失を少なくしている。非対称歯形の採用により完全アンロード時の性能は全負荷時の約55～60%の動力に軽減した。

### (2) スライドバルブ

スライドバルブはスクリー圧縮機特有のもので、バルブの位置によって吐出する風量を無段階に変化させ、かつ部分負荷特性のよい吸気開放形の容量調整装置である。日立油冷式スクリー圧縮機ではスライドバルブを1段側に装備し、吐出し風量を調整する。スライドバルブの開度を変えると、1段側の吐出し量は変化するが、2段側は一定の容積を吸入するので、中間圧力は吐出し風量に比例して変化する。この中間圧力の変化を信号の一つとしてフィードバック制御を行ない自動的に吐出し量を100%から30%まで無段階に変化させ、動力の節約を図っている。図13はスライドバルブ容量調整装置の系統図を示したものである。

本装置はスライドバルブを駆動する油圧シリンダ部分、コントローラとメカニカルサーボバルブの制御部、油ポンプと圧力調整弁などの圧油供給部の3部からできている。

オイルセパレータの圧力上昇は、コントローラのダイヤフラムに作用し、コントローラのロッドを動かし、これに連結されているメカニカルサーボバルブのロッドを動かしてメカニカルサーボバルブの圧油口を切り換え、スライドバルブを右方へ動かし吐出し量を減少させる。この装置は油圧シリンダによりスライドバルブを駆動するので、作動がなめらかで、独自の中間圧力のフィードバックを採用しているため、吐出し圧力の変動にすばやく応答できる特長を持っている。

## 6. 運転方式

日立油冷式スクリー圧縮機には保安装置として、吐出し温度リレー、油温度リレー、油差圧リレー、安全弁などを装備して運転の安全確実化を図っている。

運転方式としては、この保安装置に加えて次のような方式を標準としている。

- (1) 故障表示盤を装備した手動運転
- (2) 冷却水給排水の自動化と故障表示盤を装備したワンタッチ運転
- (3) 台数制御運転

このうち(3)の台数制御運転について一言する。

最近における産業界の人手不足は、圧縮機運転時の保守、運転要員の確保をむずかしくするとともに、経済的な制約もからみ、必然的に設備の自動化、省力化が時代の要請となっている。日立圧縮機台数制御装置はこの要請にこたえるために開発されたもので、並列運転する数台の圧縮機を圧縮空気の使用量に応じて自動的に運転台数を決めて、吐出し圧力を一定に保つとともに使用電力の節減を図っている。

台数制御ブロック線図は図14に示すとおりである。この運転は、吐出し圧力を空気槽より検出し、圧力リレーにより規定値圧力以上か、以下かの判定を行ない指令を出すものであるが、日立台数制御装置は次のような配慮が払われている。

#### (1) 運転順序の選択

圧縮機の稼働時間を均一にするため、常に同一機からの起動を避け先発起動機を選択する。

#### (2) ベース運転

台数制御においては、不要機の自動停止と必要機の自動起動を吐出し圧力によって行なっているが、1台をベース運転させることによって、他の圧縮機に頻繁(ひんぱん)な起動、停止を行なわせないようにしている。

#### (3) 効果待ち時間の設定

吐出し側の一時的な圧力降下時に、次号機の起動を避けるためタイマの併用によって所定時間後に圧縮機を起動させ、ハンチング現象を防止している。さらに1台起動した場合、吐出し側の圧力に効果が現われるのに時間を必要とするので圧縮機が1台起動するごとに、圧力リレーの回路と起動指令回路とを無関係にし、一定時間後に圧力リレーの回路を生かすことになっている。このほか吐出し圧力が急激に低下した場合に通常の起動周期より短い周期で順次起動させ、吐出し圧力を短時間で平常に戻す回路も組み込まれている。停止時にも起動時と同様一時的な圧力変動によるハンチング現象を避けるため、タイマの併用によって安定した運転ができるよう配慮されている。

#### (4) モータ冷却時間の選定

使用空気量の変動が激しく短時間に行なわれると、圧縮機の起

動、停止が頻繁になるので、モータが起動時の発熱のため焼損するおそれがある。モータ起動時に発生する熱量は、平常運転時の数倍の値になるのでこの熱を自冷するためには数十分の運転が必要になる。このような場合、いったん起動した圧縮機に、なんらかの圧力変化があり、停止する必要が生じたときには、すでに起動して自冷効果待ち時間を過ぎていた圧縮機を選択して停止させることができるようになっている。

#### (5) 同時起動の防止

圧縮機運転中に瞬時停電があれば、全機いっせいに停止するので再起動操作が必要になる。この場合、吐出し圧力が低下していても全機いっせいに起動することなく、順次起動して電源に過重な負担を与えないようにしてある。

### 7. 本シリーズの応用

日立油冷式スクリー圧縮機は240kW以下を標準仕様としているが、このシリーズを応用して大容量機も製作可能である。この場合、圧縮機本体、モータ各2台を同一オイルセパレータ上に積載して、標準仕様の倍容量の圧縮機とすることができる。通常2台の圧縮機を同時起動、同時停止するので、圧縮機、モータ各2台あっても1台の圧縮機と同じように取り扱うことができる。また顧客の要望によっては、圧縮機1台のみの運転も可能で、空気使用量に応じて、仕様の1/2容量とすることができる。

上述のこのシリーズを応用した2圧縮機形式のほかに、500kW以上の大容量機種として、汎用モータを使用した1圧縮機形式のOS-50、OS-60がある。この圧縮機は汎用モータによりギヤカップリングを介して駆動され、容量調整装置として1段側にスライドバルブを装備し、バイパスを併用することにより100~0%まで連続に容量調整が可能である。

本機は非対称歯形を使用した高性能機であるとともに、ウール・カートリッジフィルタの配置に研究を重ね、特殊エレメントを使用した結果これまでの圧縮機にはない高い油の分離性能が得られている。

この機械は今後自動車・造船業界をはじめ、大容量の空気源を必要とする産業界での需要が期待される。

### 8. 結 言

日立油冷式スクリー圧縮機について、詳細を述べたが、要約すると次のとおりである。

- (1) 非対称歯形をロータ歯形として採用し、圧縮機の性能を飛躍的に向上させた。
- (2) オーバハングモータの開発により、圧縮機本体を小形軽量に取りまとめ、オイルセパレータ上に積載し、全体をユニット化したので、据付工事、基礎の簡略化、部品点数の減少に成功した。
- (3) 台数制御運転方式を開発して、スクリー圧縮機の効率的な運転方法を確立した。
- (4) 標準機種を応用して、600kW以上の大容量機まで製作可能となった。

日立油冷式スクリー圧縮機は発売以来、土木建設・造船・自動車をはじめ各種産業界に動力空気源として使用されているが、今後さらに機能、性能を充実し、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たいと考えている。

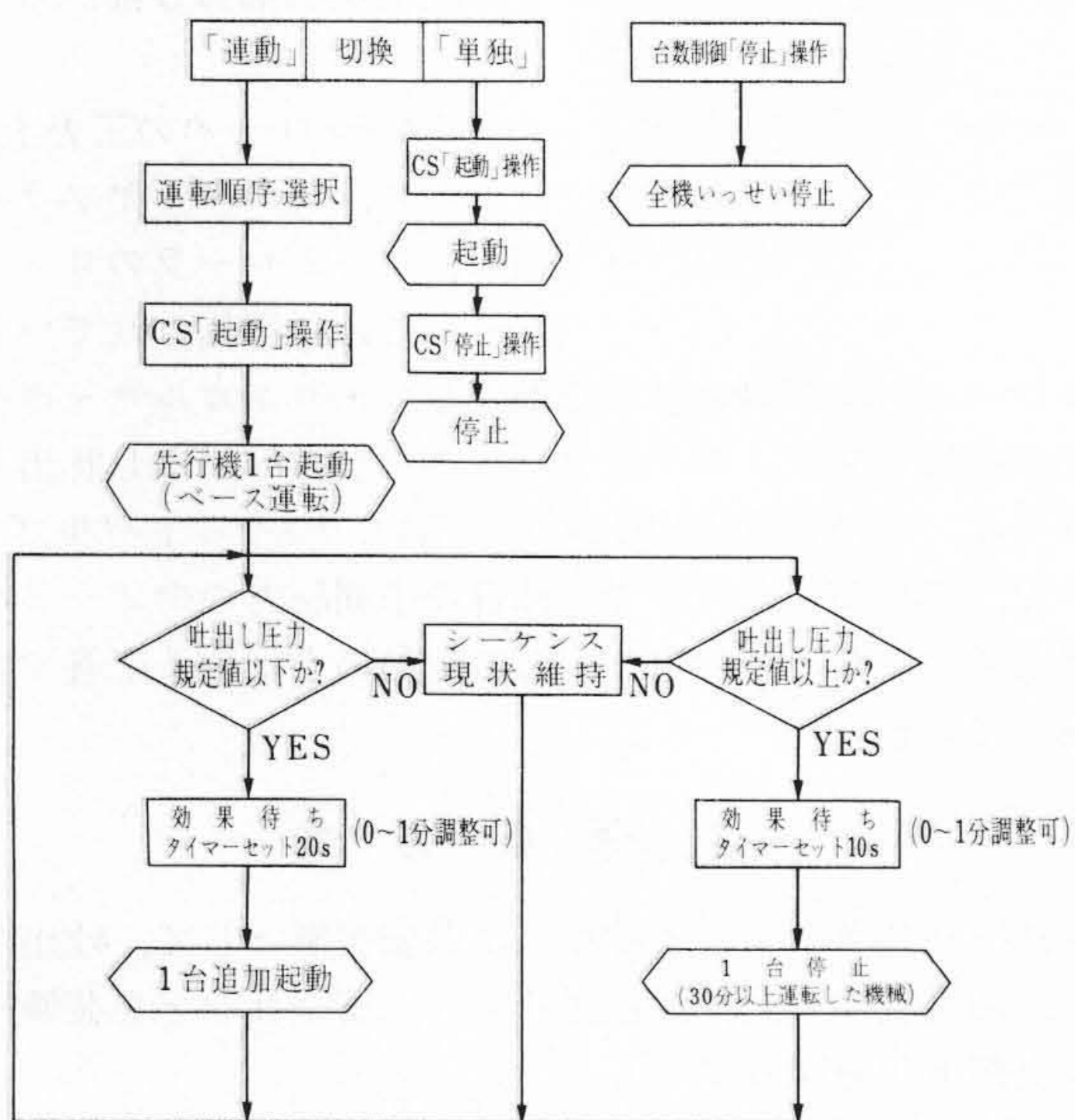


図14 台数制御ブロック線図