

# 吸引方式空気輸送機の特性について

## Characteristics of Suction Type Pneumatic Conveyor

西岡 富士夫\*  
Fuji Nishioka

### 内 容 梗 概

吸引方式空気輸送機は空気輸送機の特長を非常によく生かすことができ、歴史的にももつとも古い方式のものである。

しかし小麦のような粒体の場合とセメントのような粉体の場合とでは、おのずからその輸送状況を異にして、特に後者の場合に種々の問題点を包蔵している。

この吸引方式輸送機を供給機、輸送管、分離器、および抽気機に分類しそれぞれの特性を述べ、また方式としての特性について記述し、実施例として貨車採りの場合を述べる。

### 〔I〕 緒 言

空気輸送機は空気流を使用することにおいて、他の輸送機類とまったく趣きを異にしている。すなわち空気流で固形物を吹飛ばすことを一つの管内で行うもので、一つの地点より他の地点まで空気を媒体にして被輸送物である粉粒体を運ぶものである。

その使用目的や被輸送物の諸条件により多種の方式と機種があるが、輸送管内の圧力が大気圧以下か、大気圧以上かによつて、真空吸引方式と圧送方式の二つに大別できる。本論文では以下真空吸引方式について記述する。

吸引方式については、古くは19世紀末グラインダのダスト除去のために実験がはじめられ、まず鋸屑、鉋屑、コットン、ウールなどの軽い物資を運ぶことを試みた。このように集塵装置にはじまつて、だんだん重い物質にまで適用され、今日では金属粉までも輸送されている。

またこの吸引方式の効果的な使い方としてアンローダの役目がある。これは小麦の輸入国である欧州各国において発達し、戦後は国内にも多く設置され港湾荷役に活躍しているものである。最近粉体工業の発達と混合流体の理論や実験の発展に伴い、粉粒体の長距離、大容量の輸送と輸送以外の化学工業における単位操作、すなわち乾燥、反応、混合、分級などを輸送と同時に行なうことがはじめられている。

### 〔II〕 吸引方式の機器

吸引方式輸送機の系統はその構成要素を供給機、輸送管、分離器、抽気機に分けることができる。その系統は、  
(供給機)→(輸送管)→(分離器)→(抽気機)  
で、目的に応じて構成機器の内容は変わるが、系列としてはいかなる場合も上記の系統を構成している。以下各機器について述べる。

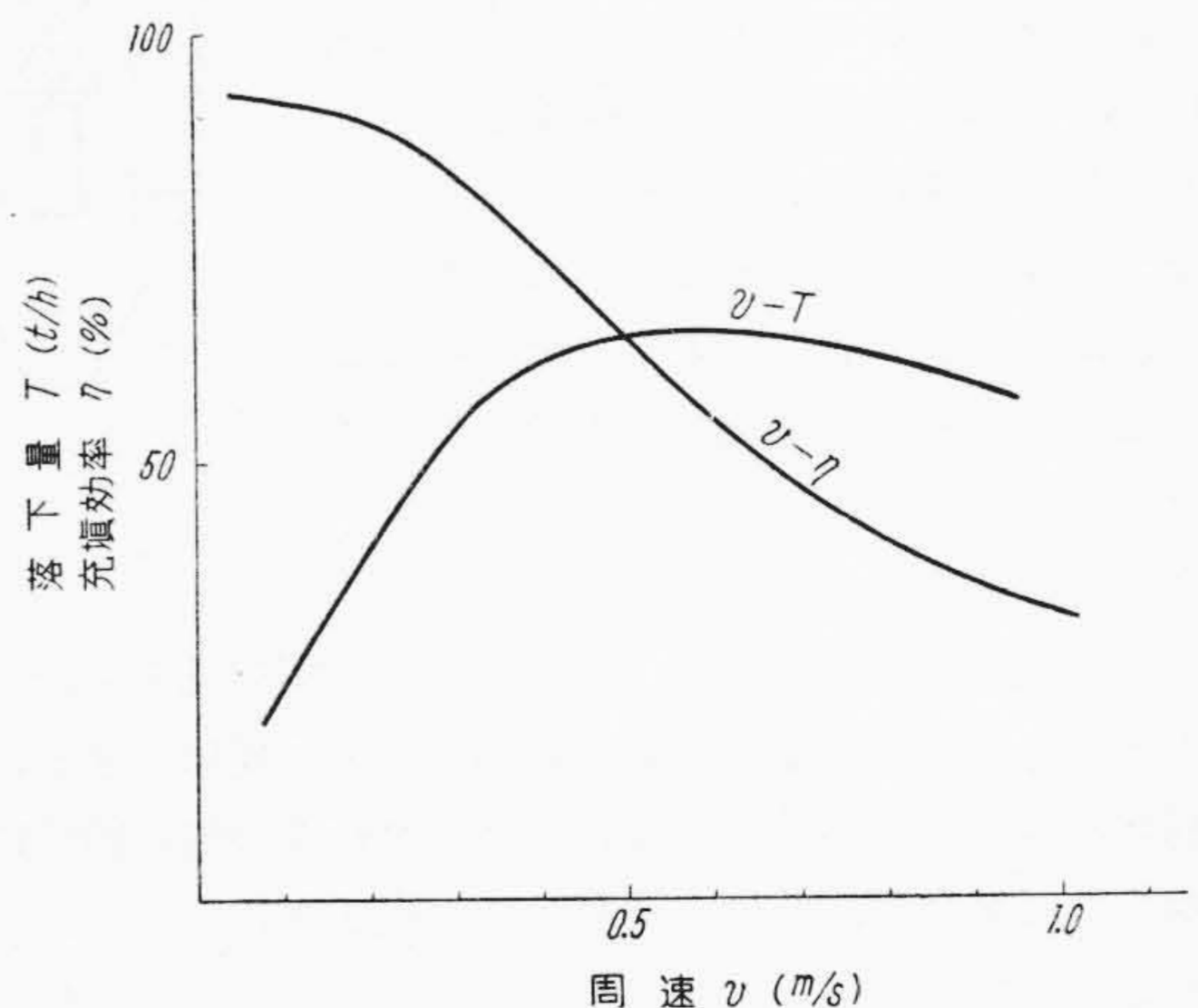
\* 日立製作所川崎工場

#### (1) 供給機

これは輸送管中に一定量の被輸送物を挿入する部分で、一般に粉体は負圧部へは特別な機器を使用しなくとも容易に供給できる。すなわち輸送管の一端に粉粒体を近づければただちに吸引されるわけで、さらにこれを分類すると、次の三つのものがある。

##### (A) 吸引ノズル

これは一般に真空吸引方式の管の先端に取り付けられるもので、簡単なものはただ管の先端がそのまま吸引ノズルになるが、特に定量的に粒体を管の中に入れるためには内筒と外筒を設け、粒体と内外筒の間を通つた空気とを一定量に混合するようにしたものもある。なおその外筒は上下方向に移動し二次空気の入り方が調整でき、その内筒下端をベルマウス状にして粒子の流動抵抗を少くしている。常に一定の息角をなす小麦、大豆などの粒体は上記のようなノズルをつけた管の上下動のみで一定量の吸引が可能であるが、一定の息角をもたないセメント類の粉体ではこれらの吸引ノズルで定常吸引を行うことは困難である。



第1図 ロータリバルブの特性



(B) シュート

輸送管路の一部に孔をあけその上の粉体容器とを連結し、その中途にダンパを設けたものが使用される。これは一本の輸送管路に数多くの供給口を持つ場合利用される方法であるが、前記ノズルと同様定常的に落下する粒体のみに適用することができる。

(C) ロータリフィーダ

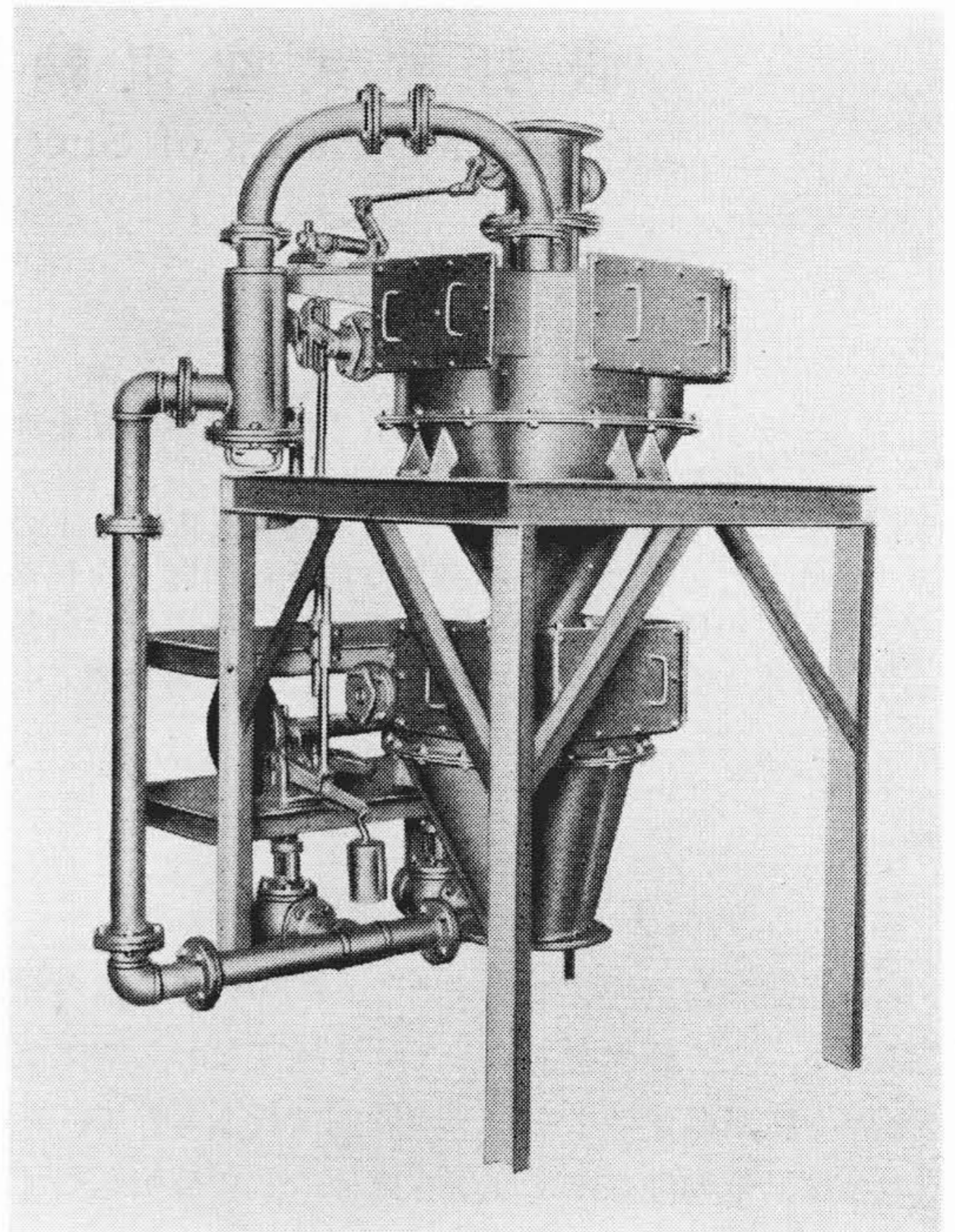
これは一定のケーシング内で6枚から8枚の羽根をもつた羽根車を回転し、一定量の粉体を上から下に落とす役目をするもので、特に定常的に落下しない粉体に多く使用される。この落下量を決定するものはロータの容積とその回転数であるが、その際ロータの周速によつて変化する充填効率(ロータの中に粉体の占める割合)をあわせる必要がある。この充填効率と落下量の一例をあげると第1図の通りである。これからもわかるように一定の大きさのロータバルブではある周速で最大落下量を有し、それ以上の回転数ではむしろ容量が下がっている。

(2) 輸送管

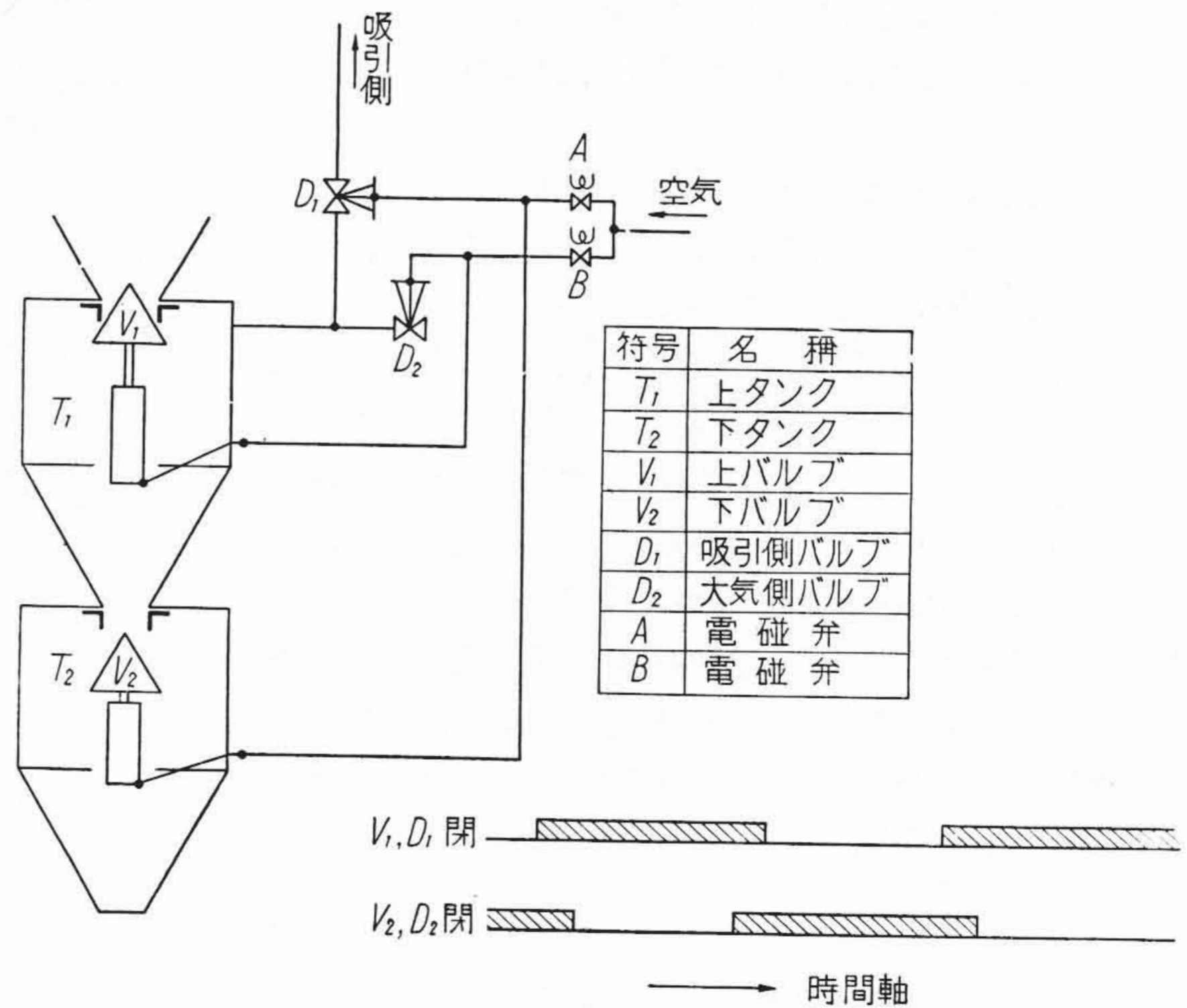
鋸屑、木屑などの軽いものに対しては薄鉄板製パイプを使用しているが、一般にはガス管や引抜鋼管を使用し、特に磨耗性の強い粉粒体には鋳鉄管を使用することがある。配管に際しては目的の二点間をできるだけ直線的に結び、曲り部には被輸送物の磨耗度に応じ種々のライナ入りの曲り管や、厚肉管製の曲り管を使用している。

(3) 分離器

これは空気とともに運ばれてきた粉粒体を気流より分離するためのもので、多くはサイクロン、バッグフィルタ、沈降槽などが使用されている。すなわち小麦程度の粒体では沈降槽で十分分離でき、セメントなどの粉体ではサイクロン、バッグフィルタが直列に用いられる。またこれら分離された粉体を真空側から大気圧のもとに取出すいわゆる排出機は、それぞれの分離器においてその効率を害さないものを使用することが肝要である。一般に排出部において大気を吸気することは分離効率、抽気機の動力の点からできるだけ避けることが必要である。従来より多く使用されているのはロータリバルブ方式のものであるが、これは洩れ空気を完全に防ぐことは不可能で、小麦などの粒体には十分使用できるが粉体の場合はこのましくない。特に磨耗性の強い粉体に対しては第2図に示す二重弁式排出機が好適である。これの作動状況は第3図に示す。すなわちある一つの槽の上下にバルブを設け、この槽内圧力を真空側と大気側と



第2図 二重弁式排出機



第3図 二重弁式排出機操作説明図

に交互に切替えながら、前記二つのバルブを交互に開閉し、真空側の粉体を大気側に取出すものである。なおこの二つのバルブと圧力平衡回路のバルブは電気空気方式により自動運転を行うか、機械的にカムで作動させるのが普通である。

微粉除去のためには濾布で分離するバッグフィルタ



や、水の噴流で微粉を水に吸着させて水と一緒に分離する湿式サイクロンが使用される。

(4) 抽気機

空気流を作る原動機である抽気機には大別すると、往復式のものと遠心式のものがあり、現在使用されているものには次のものがある。

(A) プレート, ターボファン

プレートファンでは負圧 100~200 mmAq 範囲のものが集塵装置用, そのほか低圧吸引用として使用され, これらは構造が簡単で取扱い容易であるから磨耗性の粉塵吸引にも使用される。ターボファンでは負圧 200~800 mmAq 程度のもので低圧吸引用として, 木屑, 鋸屑などその回収に使用される。

(B) 多段ブロワ

負圧 2,000~5,000 mmAq 程度のもので比較的大容量の吸引用に使われる。これら送風機類は多少の粉塵を含んだ空気をも容易に取扱いうる事が大きな特長である。なおその特性としてサージ現象があるので設計上特殊の考慮を払う必要がある。

(C) ルーツブロワ

このものは負圧 2,000~5,000 mmAq 程度の範囲で比較的大容量でない吸引用として使用される。このルーツブロワは圧力変化に対する風量の変化が少いこと, 低圧における過負荷がない点で大きな利点を有している。ただ, ロータとケースとのギャップが少いため粉塵を吸気中に含む場合は使用困難である。

(D) ナッシュポンプ

これも容積式の真空ポンプである。すなわち, 液体を封入してその羽根の間で空気を圧縮するもので, その構造上多少の水や, 粉粒体を含んだ空気をも処理することができる。このため現在では磨耗性粉体の吸引用として最適のものと考えられる。

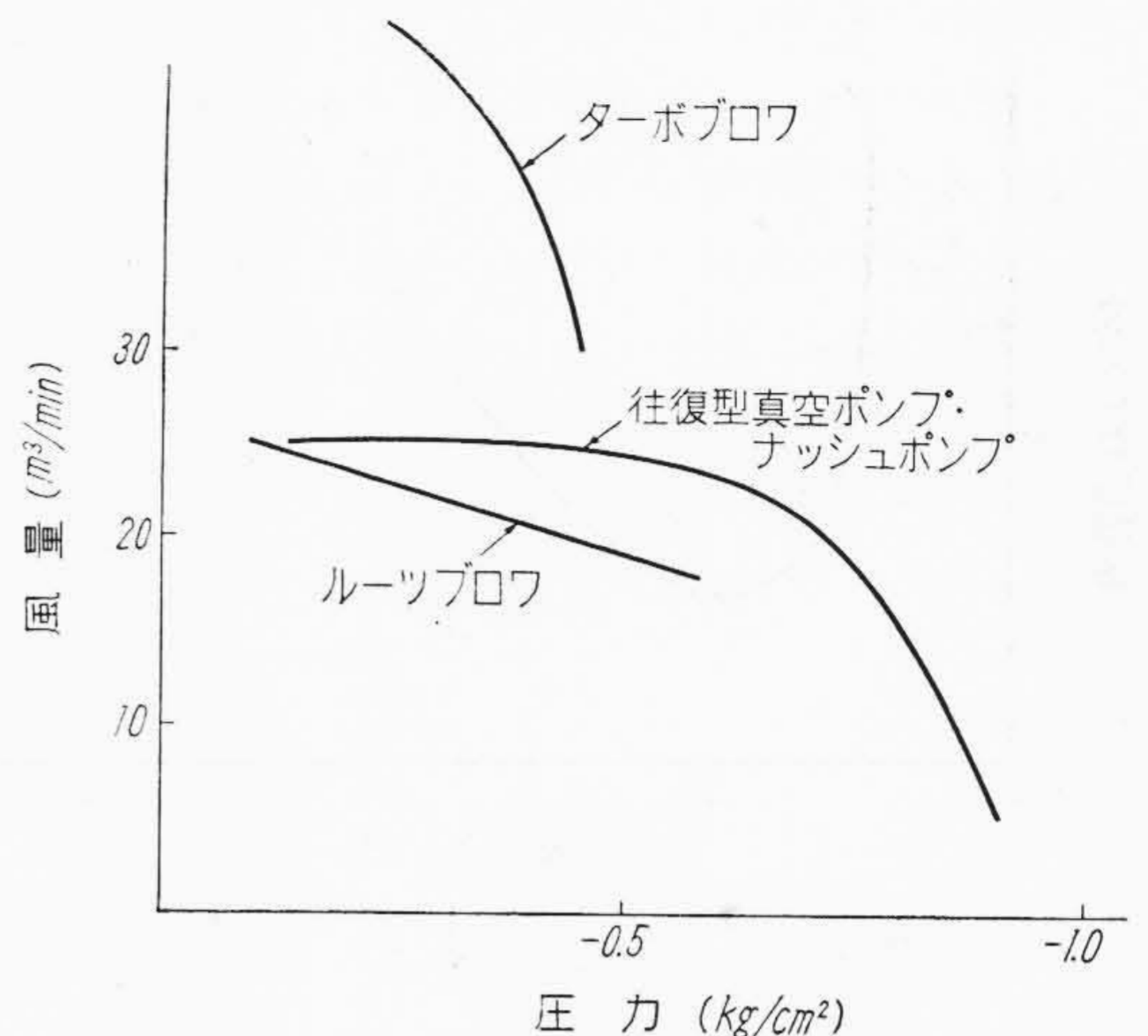
(E) 往復式真空ポンプ

これは最も一般的に使用されているピストン式真空ポンプで, 他機種に比し到達真空度が高く空気輸送としては好ましい特性をもっている。

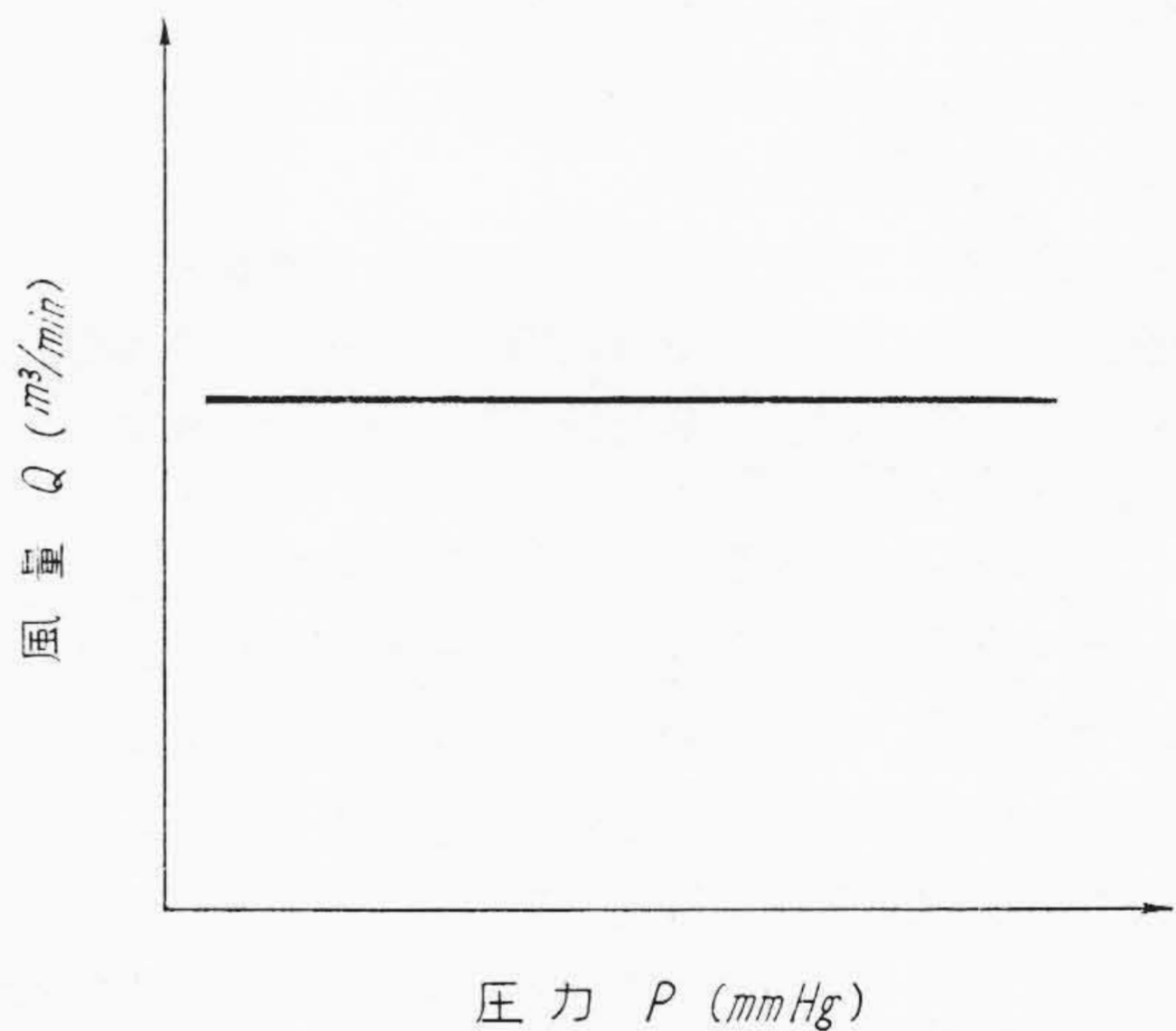
(F) エジェクタ

これは圧力水, 圧縮空気, または圧力蒸気を噴出させて空気を吸引圧縮するもので, 可動部分のないことに大きな利点をもっているが, 一般には効率の点でかなりほかのものに劣るのが普通である。近時灰処理用として使用されている抽気機である。

以上の主要抽気機の特性比較は第4図の通りである。これら抽気機は輸送距離, 容量, および被輸送物によつてきまる所要圧力と風量に応じ, また使用目的や取扱上より機器の特性を考慮して選定すべきである。一般的に吸引輸送機としては, 使用圧力範囲において管内空気流



第4図 各抽気機の特性



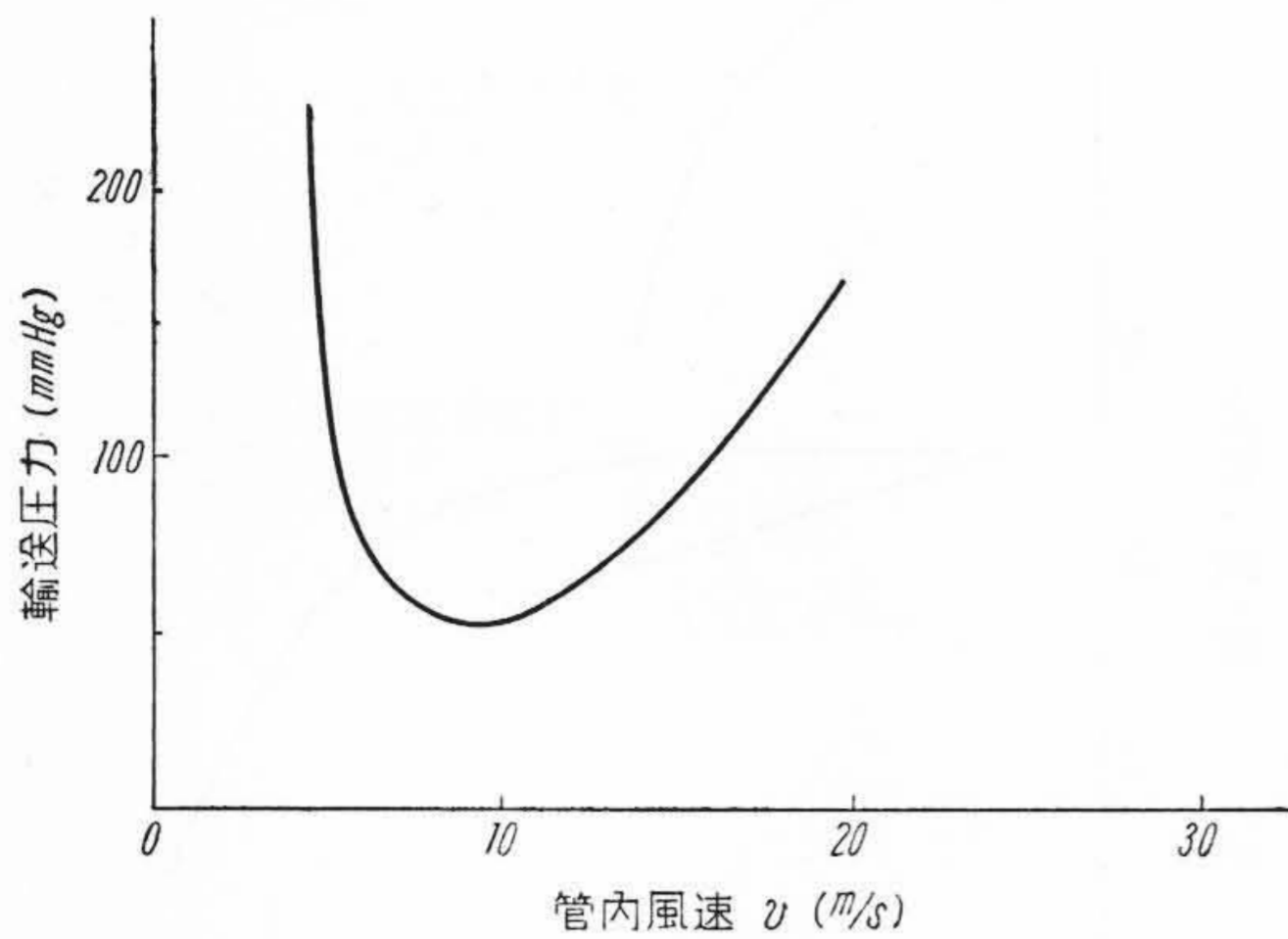
第5図 抽気機の理想特性

の一定速度を望むため, 圧力変化に対し風量一定の第5図のような特性が好ましい。また到達真空度の高いことも一つの有利な条件と考えられ, これを満足するものは前記の通り, 容積式の抽気機である。遠心式のものでもある範囲においてこの特性をだすことは可能であるが, 到達真空度を高くすることは一般に困難である。

〔III〕 吸引方式の特性

吸引方式では圧送方式と異り利用できる圧力は 0.5 kg/cm<sup>2</sup> から 0.6 kg/cm<sup>2</sup> が最大である。輸送のために必要な圧力は粒体の形状, 輸送管径の大小, 輸送距離, 混合比, 輸送速度などによつて定まるが, このうちで粒体の形状と距離は当初より与えられる条件であるが, 計画に当つてはまずその所要輸送圧力が抽気機の圧力限界に入るとく輸送量より管径の大小を決定して混合比を決定するわけである。また輸送速度は与えられた輸送物の特性より, 主としてその終端速度に関連して決定される。





第6図 輸送圧力の特性

したがって経済的に輸送可能な輸送距離にはおのずから制限を受けることになる。一般には距離100m以内の場合が大部分であるがまれに200mに及ぶものもある。また輸送量も経済的には被輸送物にもよるが100 t/hが1基当りの最大量である。

上記輸送圧力はその輸送速度に対して第6図のごとく変化するが、これは空気輸送機全般に対する共通現象である。すなわち輸送可能な最低風速 $v_0$ で計画することが最も効率がよいことになる。

一般にこの $v_0$ を選定することは困難であり、またこの $v_0$ で運転することは混合比の変化により運転が不安定に陥るため、 $v_0$ より相当速い風速を使用する必要がある。特に輸送距離が長く定常的流動性のない微粉類の輸送の場合は比較的速い風速を選ぶ。これに対し小麦などの一定の形をした粒体を扱う場合は輸送可能な最低風速で運転し、管の閉塞一歩手前で運転することができる。またこの方が管の磨耗も少ないという利点もある。

以上吸引方式の特性を空気輸送機器の立場から列挙すると、次の諸点があげられる。

- (1) 輸送距離、輸送量に制限を受ける。
- (2) 系統中供給機部は機器として簡易な機構を用うることができる。
- (3) 分離器部は系統中最も真空度の高い部分であること。したがってその排出機には洩れ込み空気の少ないものを使用すべきである。
- (4) 抽気機は被輸送物を混じた空気を吸引しやすいこと。機器としては多少の粉体が機器内に入つてもただちに破損することのないものが好ましい。

またこの吸引方式を使用側の立場からみると、その特性には空気輸送機全般の特性もあわせて次の諸点を有している。

- (1) 山積みされた粉粒体を直接扱いうること。すなわち深い孔の中にあるものでもほかの機器、道具類を使用しないで直接吸引できること。

- (2) 管一本で輸送できるため狭隘な場所に設置可能で、かつ追加設備が容易であること。
- (3) 雨や風に禍されず、また発塵なく扱いうること。
- (4) 可動部分が少いので保守管理が容易であること。

これらの特性を加味し特に吸引方式に適する場合は、次のような場合である。

- (1) 多くの地点より一点に輸送する集約輸送の場合
- (2) 山積みされた粉粒体を扱う場合
- (3) 大容量タンクなどでその下部に機器を設置できない場合
- (4) 輸送始点において被輸送物の飛散を特に避けたい場合
- (5) 取扱物に油分や水分の混入を絶対にさけない場合

#### 〔IV〕 最近の使用傾向

上記の特性より最近の使用傾向には次のようなものがある。

##### (1) 火力プラントにおける灰処理用

従来多くは流水方式で灰をピット内に落とし水に流していたものであるが、これらの灰を乾燥状態のまま一箇所に集約輸送し、採取または処理を行ういわゆるドライシステムの灰処理用にこの吸引方式が使われている。

##### (2) 貨車、港湾荷役用

これは無蓋貨車やタンカ船内より直接所定の貯槽まで荷役するものである。

##### (3) 工場内の粉粒体移送用

これは製粉工場、ビール工場などにおける原料、半製品などの倉庫工場間の移送用である。

港湾荷役用や工場内の移送用のものは古くから使用されているので代表的実施例として次に無蓋貨車よりの荷卸しの場合を記述する。

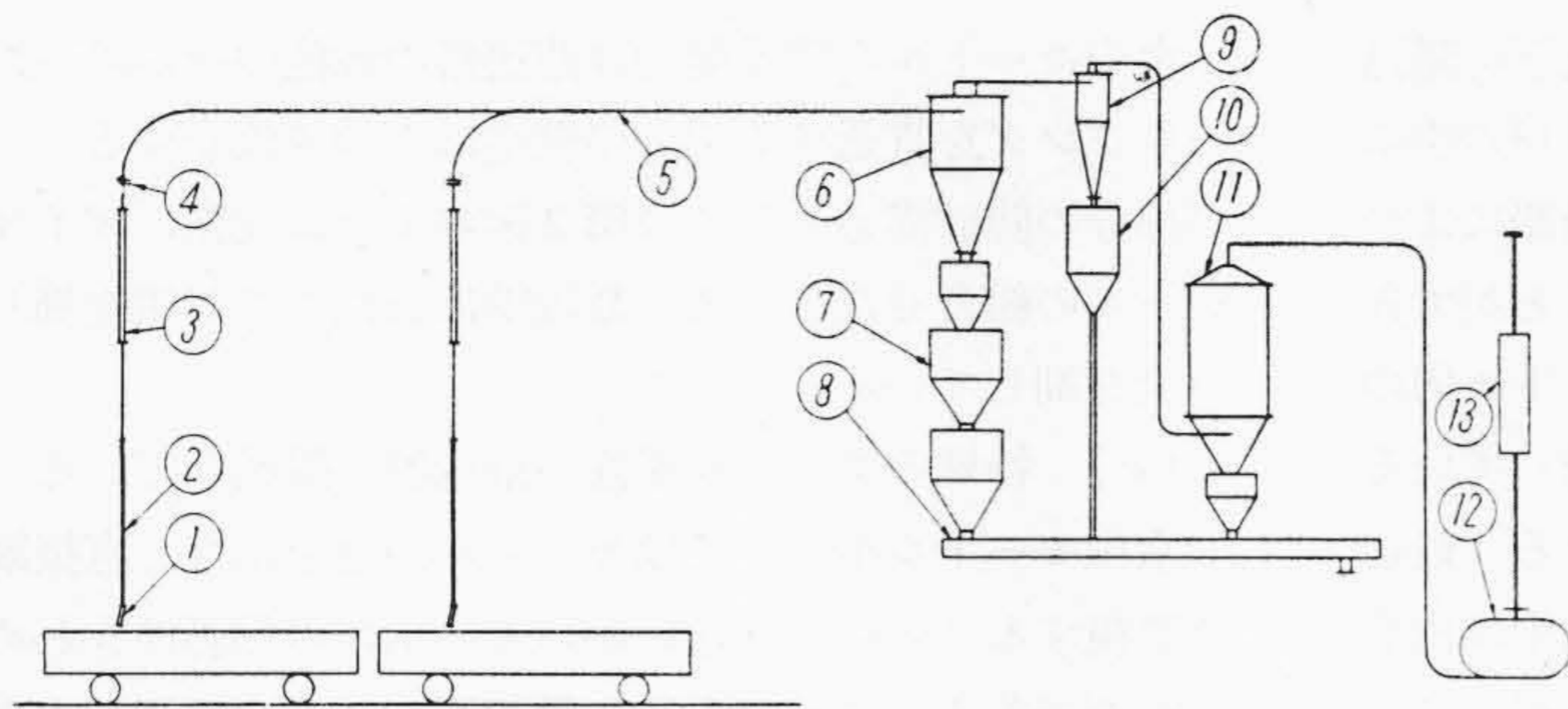
##### 貨車荷卸し輸送の実例

一般に粉粒体の無蓋貨車よりの荷卸しは人力による掻き落とし、またはもっこ運びによるか、カーチップラを使った車全体の顛倒により行われる。人力によるものはいずれの場合もダストロスを伴い、かつ非衛生的な面を免れることはできない。またチップラを使うことは設備全体が大掛りになり、大容量の粉体を扱う場合以外には適さない。このような場合吸引方式の空気輸送機はその特長を生かして簡便に使うことができる。次の例は亜鉛焼鉍粉を荷卸しする場合である。

##### (1) 主要仕様

貨車	15~17 t 無蓋車
輸送量	15 t/h (平均値)
吸引口	2箇所、口径 6 インチ (運転は



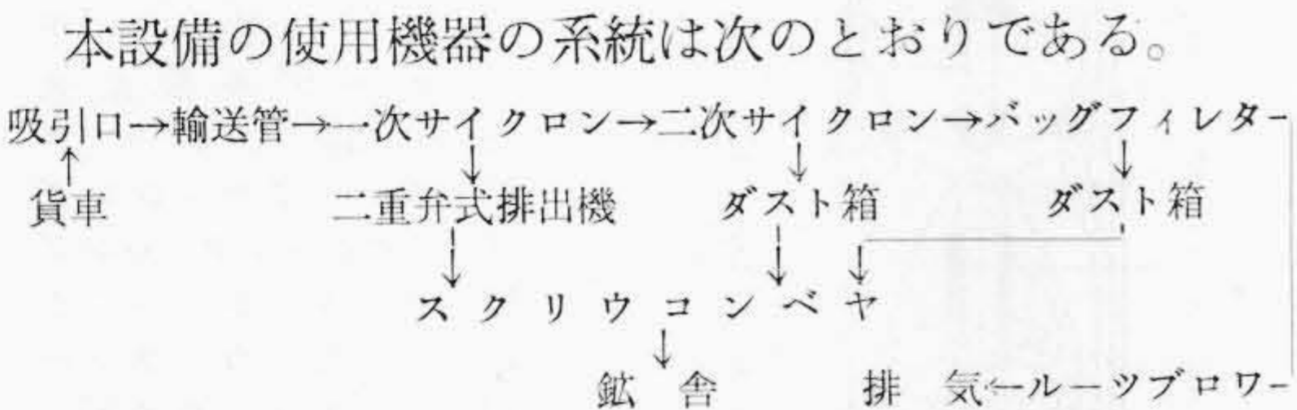


- ① 吸 込 ノ ッ ズ ル
- ② フ レ キ シ ブ ル ホ ー ス
- ③ テ レ ス コ ピ ッ ク パ イ プ
- ④ 切 替 ダ ン パ
- ⑤ 輸 送 管
- ⑥ 一 次 サ イ ク ロ ン
- ⑦ 二 重 弁 式 排 出 機
- ⑧ ス ク リ ウ コ ン ベ ヤ
- ⑨ 二 次 サ イ ク ロ ン
- ⑩ ダ ス ト 箱
- ⑪ バ ッ グ フ ィ ル タ
- ⑫ ル ー ツ ブ ロ ワ
- ⑬ サ イ レ ン サ

第7図 貨車採り輸送系統

1箇所)  
 分離器：一次サイクロン, 二次サイクロン,  
 バッグフィルタ  
 分離器排出機：二重弁式排出機  
 抽気機：ルーツブロワ

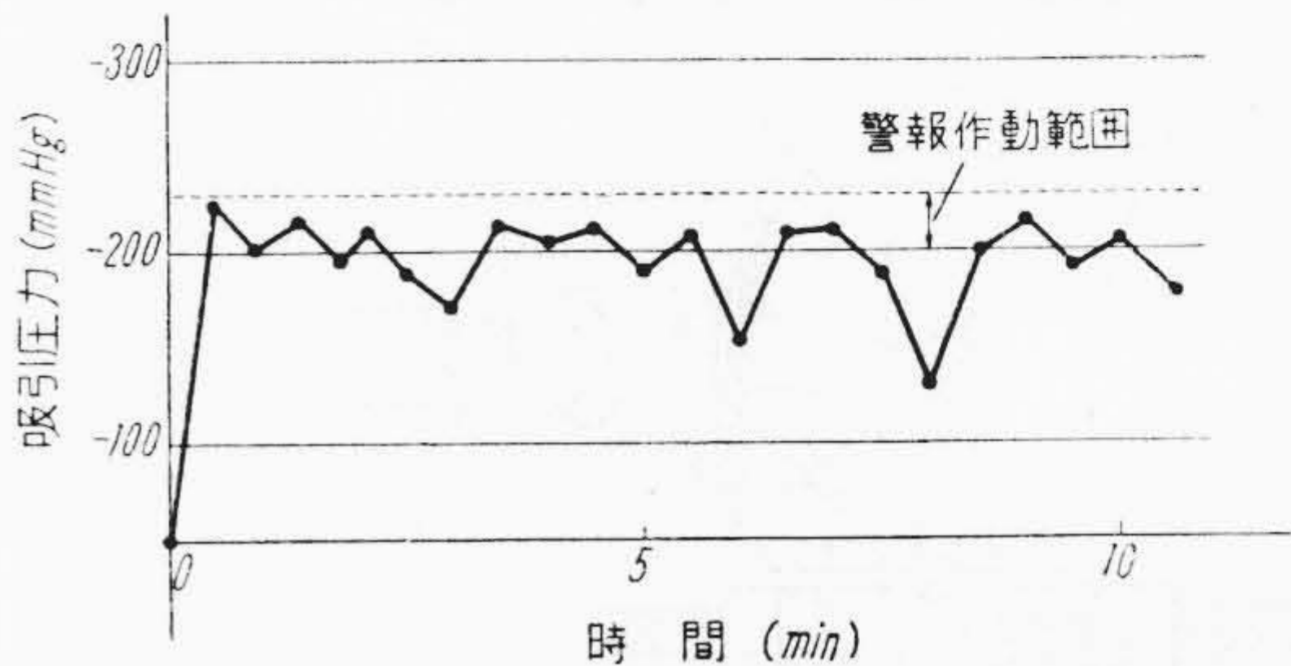
(2) 系 統



吸引口はその上部に二次空気入口をもつショベル型の単筒のノズルで、取扱上その先端は360度回転できる。なおテレスコピック型の伸縮管をノズル上部に備えわずかな力でノズルの上下が可能である。分離器部はバッグフィルタを使つての完全分離で、排出機は前述の二重弁式のものである。

(3) 運 転

貨車に積載された粉体は非常に固くなつてゐるため、定常的吸引はなかなかできにくいので、輸送所要圧力が運転中ルーツブロワの限界にくると圧力スイッチにより



第8図 貨車採輸送操作例

警報が鳴るようになってゐる。本設備の吸引操作の一例をあげると第8図の通りである。この縦軸は吸引圧力を示すが、これはただちに輸送量の変化を示していることになる。

〔V〕 結 言

吸引方式の空気輸送機は歴史的にもつとも古いものであるが、今後ともそのほか機種に見られぬ独自の特性が活かされて発展的に使用されうる機種と考える。われわれはこの空気輸送機をさらに発展させて粉体を扱う工業界ならびに荷役の合理化に貢献したいと考えている。

製 品 紹 介

水中モートルポンプ

近年モートルとポンプを中間軸無しに直結して両者を水中で運転させる水中モートル付の深井戸ポンプが出現し斯界の注目を浴びている。これらはその据付の簡易さと経済的なために漸次広く用いられようとしているが、一つの欠点は主要部分が全部水中にあるため水中に含む砂のためにしばしば損傷を受けるということであつた。

日立製作所では砂の混入しやすい国内の井戸にも十分使用できる水中モートルポンプを完成するべく、ポンプ、モートル各部門の総合技術を結集して努力してきた

が、数年間にわたる工場内での長期耐久力試験によつて、その機能に十分な自信を得たのでポンプの吐出口径が80, 100, 130, 160 mm, の4機種を標準化し、汎用型として製作することにした。その適用範囲は、吐出量で0.1~4 m<sup>3</sup>/min, 全揚程で10~150mとなる。

第1図は汎用型であるPMU型水中モートルポンプの全体を示し、第2図はポンプ、水中モートルの本体部の構造を示している。設計上特に留意した点をあげると次のようになる。

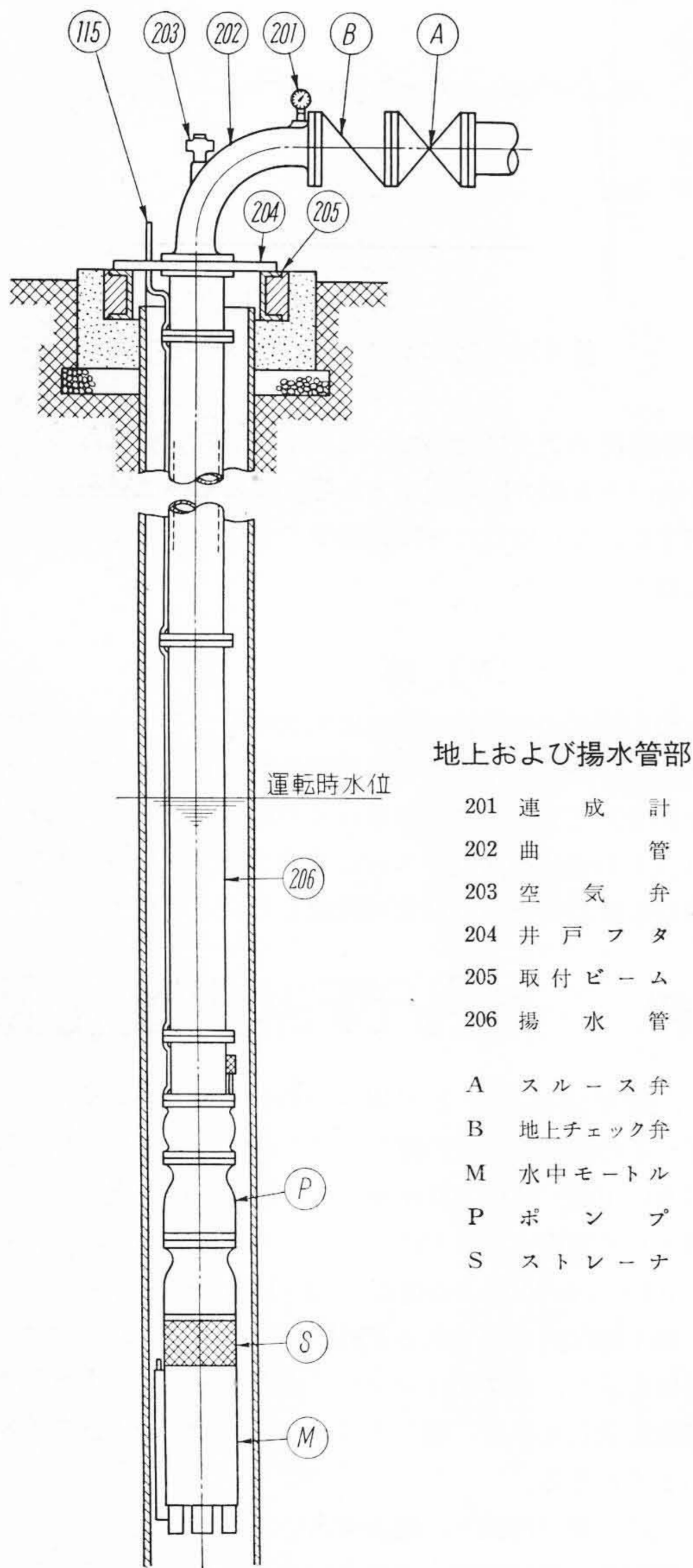
(a) 井戸内満水, 地上満水いづれでも良い。

運転時に井戸水が自由に水中モートル内に入出してモートルの冷却効果を高める貫流式を採用しているが、砂



などの固形物が侵入しないようにモートルの上下に濾過性の高い濾過器を取付けている。したがって井戸の中に水中モートルポンプを降下するだけで下部濾過器によって濾過された井戸水で水中モートル内を満すことができる。またほかに適当な水源があり、地上でモートル内の満水を確認しようと思えば、下部濾過器に接続している導管の先端から地上で清水を入れることもできる。最初のモートル内満水方法のいかんによらず、運転中は内部の水と外部の井戸水はいずれも上下の濾過器を通して出入するから砂の侵入の心配はない。

(b) 防砂構造に万全を期している。

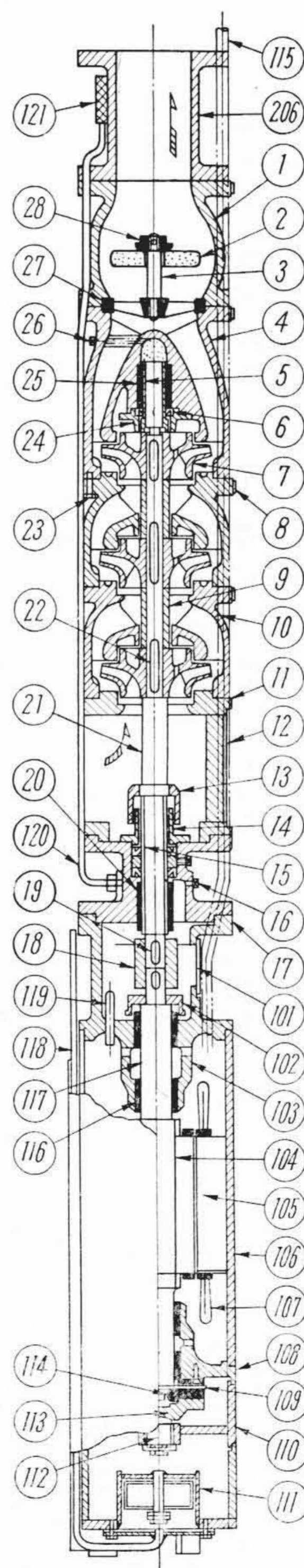


第1図 日立 PMU 型水中モートルポンプ全体図

水中モートルの防砂能力は濾過器の性能のほかに軸がハウジングを貫通する部分の構造によつて決定する。この部分の防砂構造としては第2図のように迷路、オイルシールの組合せなどにより数段階にわたつて対策を施し万全を期している。

(c) 特殊のモートル保護用継電器が附属している。

水中モートルポンプではモートルが地上になく直接眼で監視することができないからモートルの保護はきわめて重要である。これがために単相運転と過負荷運転を未然に防止して水中モートルのコイルに焼損が起らぬように特殊の保護継電器を附属させてある。



ポンプ部

- 1 弁本体
- 2 弁
- 3 弁棒
- 4 デリベリケーシング
- 5 上部軸スリーブ
- 6 オイルシール
- 7 羽根車
- 8 ケーブル押え金
- 9 中間スリーブ
- 10 ステージケーシング
- 11 サクシヨンケーシング
- 12 ストレーナ
- 13 砂除カラー
- 14 オイルシールカバー
- 15 下部軸スリーブ
- 16 点検プラグ
- 17 連結ケーシング
- 18 カップリング
- 19 キー
- 20 下部ブッシュメタル
- 21 ポンプ軸
- 22 羽根車用キー
- 23 縮付ボルト
- 24 シールカバー
- 25 上部ブッシュメタル
- 26 オイルプラグ
- 27 弁座
- 28 弁ナット

モートル部

- 101 カバー
- 102 スリンガ
- 103 上部エンドブラケット
- 104 回転子
- 105 固定子
- 106 固定子枠
- 107 固定子巻線
- 108 下部エンドブラケット
- 109 摺動板
- 110 下部エンドカバー
- 111 下部濾過器
- 112 推力受台
- 113 推力軸受
- 114 推力軸受
- 115 ケーブル
- 116 ラジアル軸受
- 117 モートル軸
- 118 導管
- 119 流通管
- 120 上部濾過器用パイプ
- 121 上部濾過器

第2図 日立 PMU 型水中モートルポンプ説明図