

石炭技術研究所古河好間試験所納
日立ハイドロホイスト高揚程水力輸送試験
 Test of Hydraulic Transport of Coal by Hitachi HYDRO-HOIST

渡辺慶輝* 寺田進** 坂本正克***
 Yoshiteru Watanabe Susumu Terada Masakatsu Sakamoto

内 容 梗 概

固体の水力輸送装置であるハイドロホイストについては、現在世界各国で競って大規模な試験が行なわれている。

日立製作所では、このたび日立特許による主管圧送式ハイドロホイストを完成、石炭技術研究所に納入した。本ハイドロホイストは、実際規模における試験研究用として設計されたものであり、石炭技術研究所の手で試験が行なわれた。試験の結果、輸送能力 100 t/h、体積濃度 20% (重量濃度 30%) という世界でもおそらく最高の成績をあげ、かつあらゆる点において安全確実に運転された。それによりハイドロホイストは今や完全に実用の域に達したことが証明された。

1. 緒 言

炭鉱の坑内から原炭を水力輸送する方式として、サンドポンプまたはハイドロホイストによる水力輸送が、多くの長所を有している。世界各国で精力的に研究されている。特に最近水力採炭と組み合わせて使用する点でますます注目されるようになった。

このうちサンドポンプによる方法は、主として1段のポンプにより低揚程の局部輸送用に利用されているが、最近では2段以上のサンドポンプもソビエトなどを中心にして開発されつつある。しかし現状は揚程が 250m 程度のものにおいてさえ、数時間ごとにコイルパッキンを取り替えねばならず、またマウスリング、ステージブッシュなど摩滅によって漏えいすきまを増し、消耗部品の寿命が 200 時間余りという短いものである。その上、許容最高濃度や最高粒径が割合に低く、くり返し羽根車を通過するための粉化量が多いので、まだとうてい連続して実用に供しうるものではない。

わが国の炭鉱は 300 m ないし 500 m 以上の深さのものが多いため、そのようなポンプの使用は不可能であって、使いうるものはハイドロホイストのほかにはない。

ハイドロホイストは、送水ポンプによって管路に高圧清水を送りこみ、その管路の途中に石炭塊を圧入して管路輸送する装置である。この種装置を高圧用に利用したのは、アメリカで亜鉛鉱石の試験輸送⁽¹⁾に成功したのが最初であり、1951年頃のことである。その後わが国をはじめ、イギリス、フランス、ソビエト、ポーランド、ハンガリー、チェコスロバキヤ、オランダ、中共などで、主として原炭輸送用として各種のハイドロホイストが続々研究開発されてきた⁽²⁾。日立製作所は以前から独自の研究を続けていたが、神林炭鉱に実揚程 520m の側筒式ハイドロホイスト⁽³⁾を製作し納入した。これがわが国における実際規模の最初のものである。これとは別に、1953年以来、東京工業大学、石炭総合研究所、日立製作所の三者の共同研究で、主管圧送式ハイドロホイスト⁽⁴⁾⁽⁵⁾の開発を行ってきた。日立製作所ではこの方式を発展させたコンバインドハイドロホイスト⁽⁶⁾を開発し、その研究を続けてきたが、この成果を利用して、実際規模のぼた輸送用コンバインドハイドロホイストを完成し、中興鉱業株式会社江口鉱業所に納入した。これは体積濃度 30% という使用実績を示した。

石炭技術研究所では、上述の成果をすみやかに普及し、実用性に

ついでの見通しと確信を得るために、実際規模の装置を炭鉱現場に設置して、次の項目の試験研究を実施することとなった。

- (1) 50 kg/cm² 以上の水圧下で給炭装置が確実に作動し、水撃作用などの事故を起こさぬ確実な運搬方式を完成させる。
- (2) 原炭輸送能力 80 t/h、真体積濃度 17% で、長期にわたり確実に輸送する。
- (3) 停電時における対策を確立して、閉塞などの事故のない安全運転ができるようにする。

ハイドロホイストの方式としては、日立製作所の所有する特許第 226609 号による、主管圧送式直線形並列多管交互運転方式を採用した。これは給炭管が直線状であるほかは、中興鉱業株式会社に納入したスパイラル形給炭管のものと基本的には同じ形式である。

試験の結果、輸送能力 100 t/h、真体積濃度 20% と、予期以上の成果を収め、水撃や閉塞のおそれもなく、長期間にわたって安全確実に運転することができ、今や完全に実用の域に達したことが証明された。

なお最近の報告⁽⁷⁾によれば、イギリスでも各種のハイドロホイストの実際運転による研究の結果、最も実用性のある方式というのが今回のハイドロホイストとまったく同じ方式によるものであると報告している。日英両国でそれぞれ独自に研究して、同じ結論に達したということは、今回得られた好結果の有力な傍証となるものである。おそらく石炭輸送に関してはこの方式が決定的方法となるであろう。

2. 設備の概要

本ハイドロホイストは、福島県石城郡好間村古河鉱業好間鉱業所の坑内に設置された。設備の設置状況は第 1 図に示すとおりである。すなわち給炭管出口より水平に 510m 進み、そこから垂直ボーリング孔 240m で坑外へ出る。その後さらに少し小高いところを越えながら、地上を 650m 経て選炭工場へ至る。垂直全高 259m、輸送管路全長 1,450 m である。輸送管径は 164.7 mm となっている。第 1 表に輸送条件を示す。

本ハイドロホイストは試験研究用ではあるが、上述のように炭鉱坑内にまったく実際の規模どおりに設置された。

2.1 給炭装置

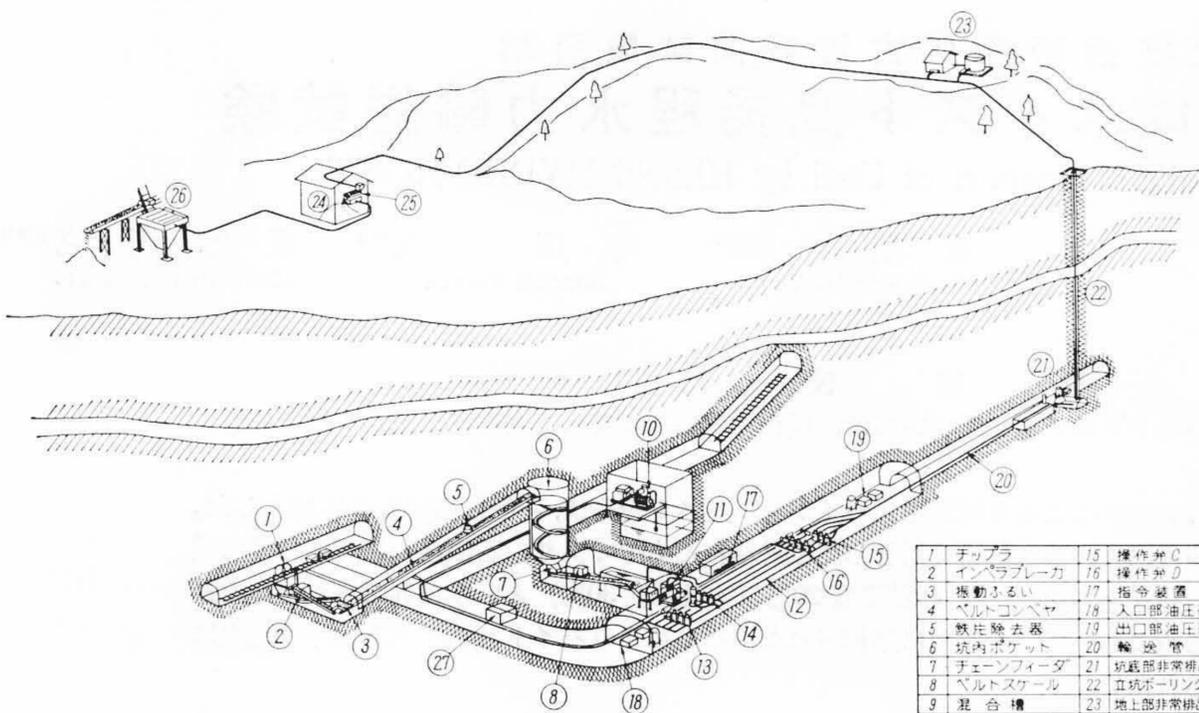
本ハイドロホイストの基本動作は次のとおりである(第 3 図)。

まず A 弁、C 弁を閉じ、B 弁、D 弁を開く。そうして給炭管と呼ぶ長さ 50m の直線形の管路に、低圧のブレードレスサンドポンプで原炭混合液を送りこみ、ちょうど充満したところで B 弁、D 弁を閉

* 石炭技術研究所研究部

** 日立製作所亀有工場 工博

*** 日立製作所亀有工場



第1図 全体配置説明図

1	チップラ	15	操作弁D
2	インペラブレーカ	16	操作弁D
3	振動ふるい	17	指令装置
4	ベルトコンベヤ	18	入口部油圧装置
5	鉄片除去器	19	出口部油圧装置
6	坑内ポケット	20	輸送管
7	チェーンフィーダ	21	坑底部非常排出装置
8	ベルトスケール	22	立坑ボアリング孔
9	混合槽	23	地上部非常排出装置
10	高圧タービンポンプ	24	選炭場
11	ブレードレスサンドポンプ	25	共振ふるい
12	給炭管	26	洗炭槽
13	操作弁A	27	坑内記録装置室
14	操作弁B		

じる。次に、均圧弁を開いて給炭管内の混合液を高圧状態にしておいてから、A弁、C弁を開けると、高圧ポンプからの圧力清水がA弁よりはいり、混合液をC弁より輸送管内にとろてん式に圧送する。とろてんの押し棒の役目をする高圧清水は、給炭管内の混合液を圧送し終わると、給炭管の中に留まる。次に再びA弁、C弁を閉じておいて、均圧弁を開き給炭管の中の圧力を下げてから、B弁、D弁を開き、再びブレードレスサンドポンプによって、給炭管内に混合液を送りこむと、給炭管の中に留まっていた清水は、D弁および戻り水管を経て、混合槽に押し出される。

給炭管は、第3図に示すように5本並んでおり、交互に運転することにより、混合液を高圧輸送管側に連続的に送り出す。給炭管の各弁は、カムの指示するタイムサイクル（第4図）どおりに順序正しく作動する。

本 hidro hoist では、次の3種の操作弁を比較のために並置して試験した。

(1) プレート弁（第5, 6図）

No. 1, 2, 3の各給炭管の操作弁として使用した。構造は1個の穴があいている長方形の板状弁を上下することによって開閉するもので、弁を閉じる際、くさび作用によって弁を弁座に押しつけて密閉する⁽⁸⁾。

(2) コーン弁（第7, 8図）

No. 4 給炭管の各弁に使用した。円錐状の弁および弁座を有している。弁座面は清水により常時洗われている。

(3) ポーランド弁（円筒状弁の一種）（第7, 9図）

No. 5 給炭管の各弁に使用した。管状の弁の先端を、輪状をなす平面の弁座に押しつけて弁を閉じる。弁を閉じる過程にのみ弁の内部下端の輪状噴出口から水を噴射して、弁座面を洗浄する。

ブレードレスサンドポンプ（第10図）の仕様は次のとおりである。

- (1) 形式 150mm BL-OVS-RH
- (2) 仕様 4.8 m³/min × 25 m × 1,200 rpm × 55 kW

ブレードレスサンドポンプの吸込装置は第11図のような構造のものを採用した。吸込口は垂直下側に向いている。原炭はベルトコンベヤで図の左上側より投入される。投入された原炭は斜めにシュード上をすべり落ちて、受皿の上にとまり、そこから吸い込まれる。吸込口と受皿とのすきまは、希望吸込濃度に応じて調整することができる。

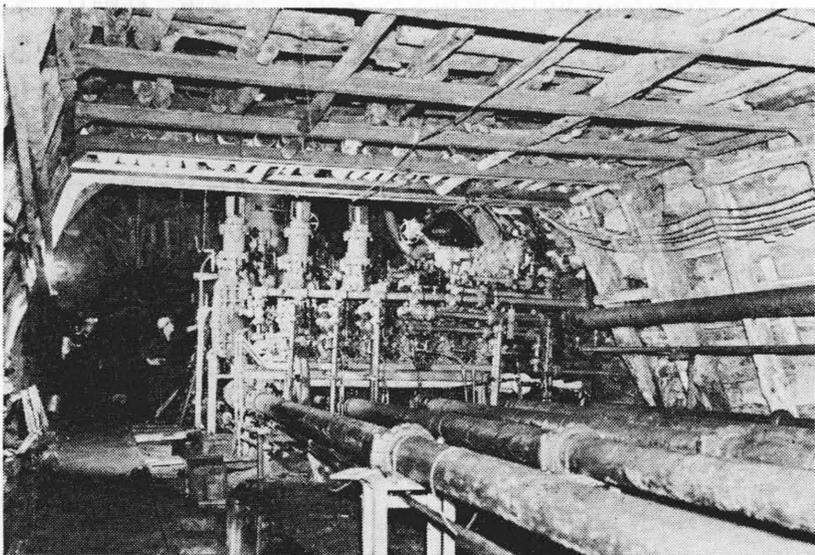
高圧ポンプ（第12図）の仕様は次のとおりである。

- (1) 形式 260mm 8段 DGM-CH
- (2) 仕様 5.3 m³/min × 530 m × 1,500 rpm (ss) × 750 kW
- (3) 吸込揚程 - 5 m

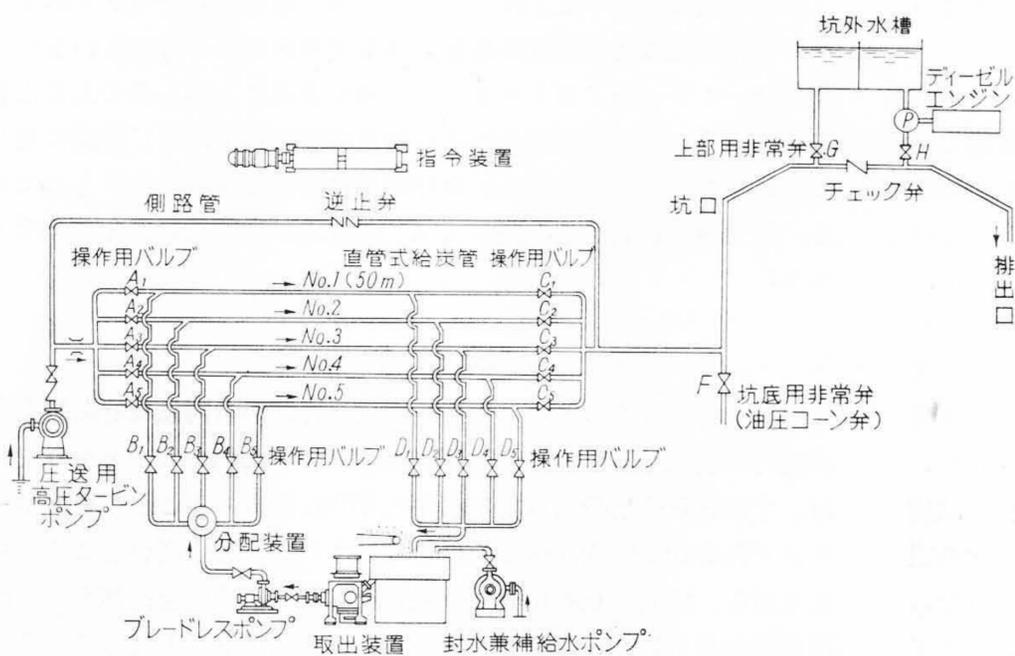
2.2 輸送管および給炭管の直径

2.2.1 輸送管

hidro hoist の計画において最も大切なことは、これら管



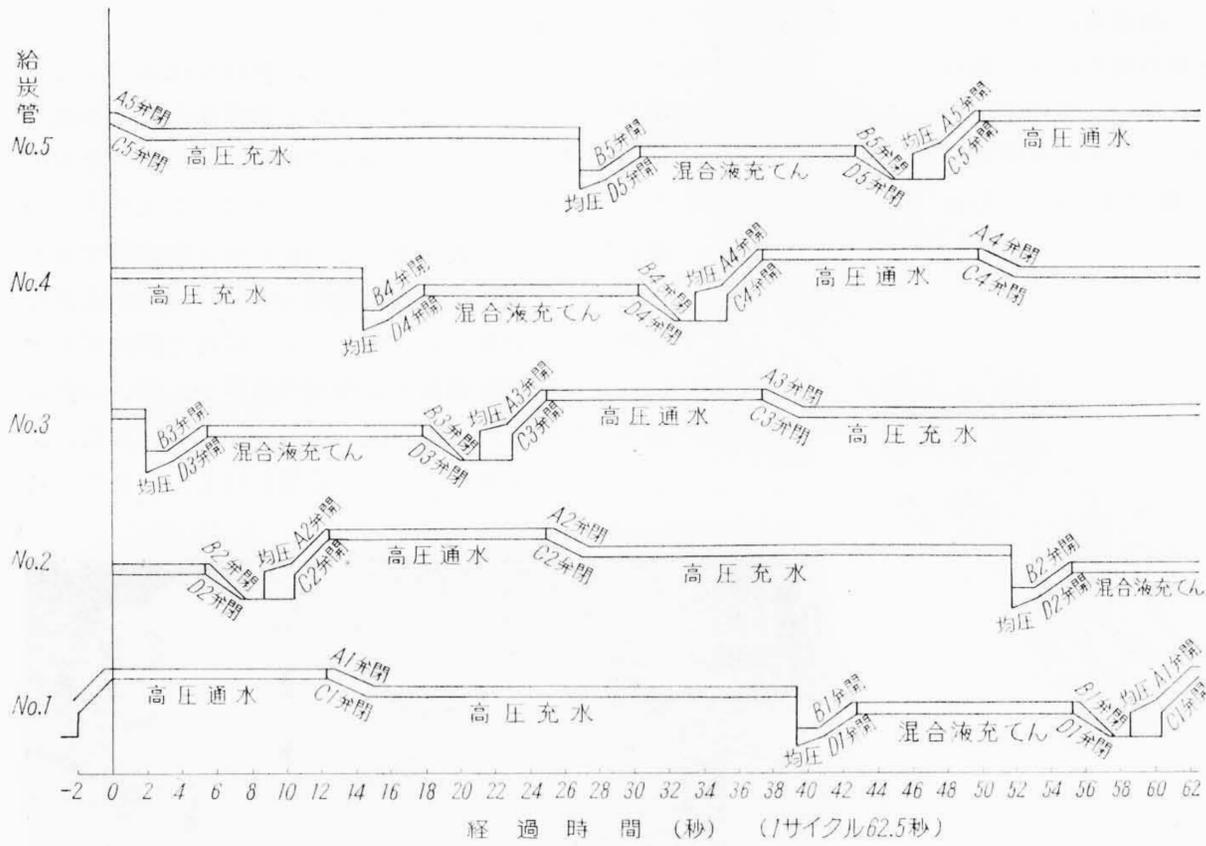
第2図 坑内設置状況



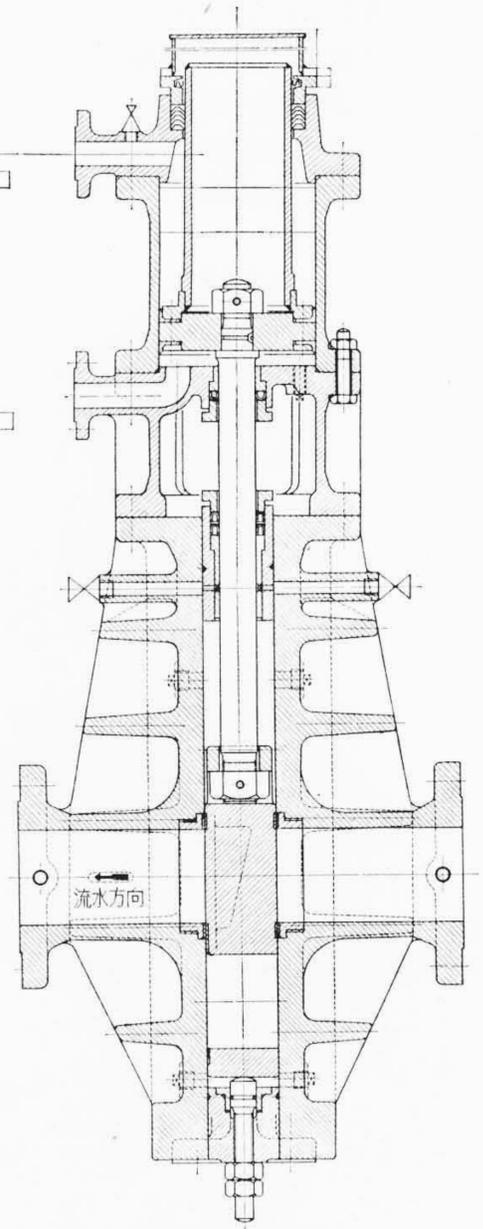
第3図 給炭装置説明図

第1表 輸送条件

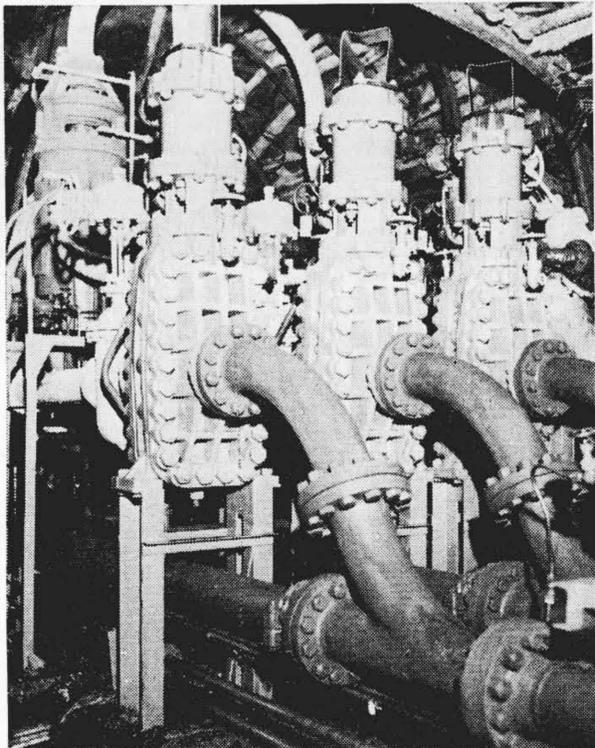
配管全長	1,690m	輸送管内径	164.7mm
輸送管全長	1,470m	平均流速	3.8m/s
輸送高さ	259m	流量	4.8m ³ /min
輸送粒群	原炭(歩留65%)	送炭量	(計画)80t/h, (実績)100t/h
最大比重	2.1	真体積濃度	(計画)17%, (実績)20%
平均比重	1.68	重量濃度	(計画)25%, (実績)30%
最大粒径	58mmふるい目通過のもの		



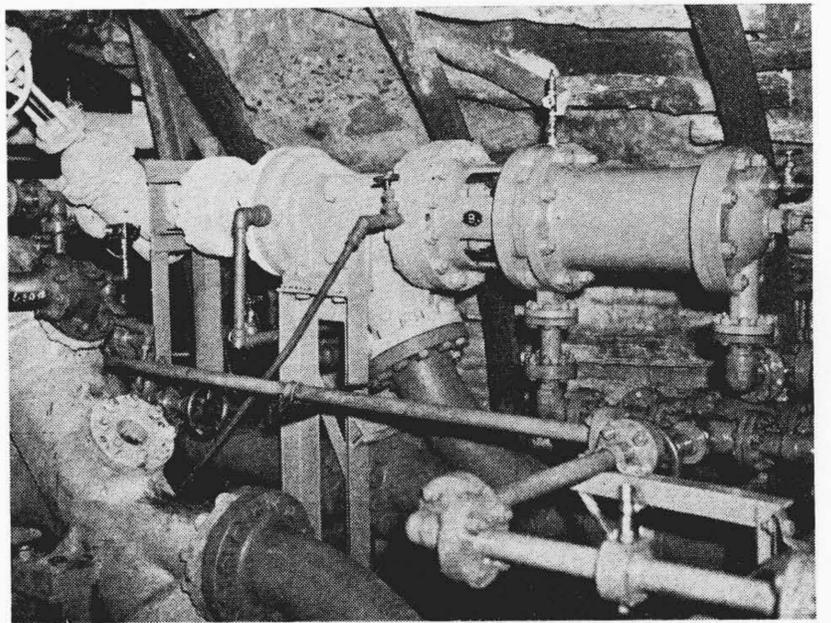
第4図 給炭動作タイムサイクル



第6図 プレート弁断面図



第5図 プレート弁



第7図 コーン弁(右上)およびポーランド弁(左下)

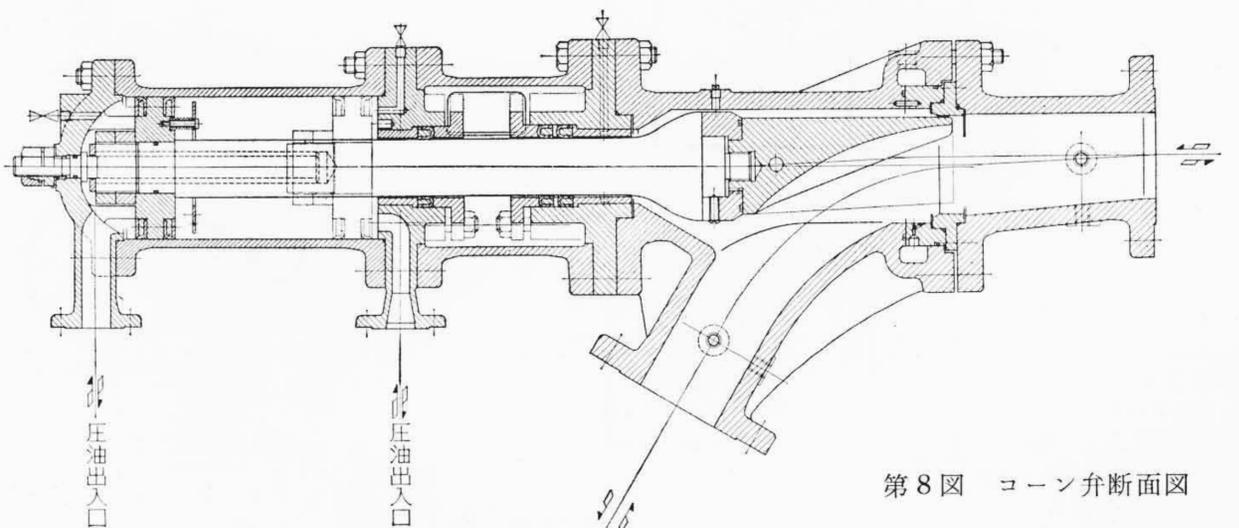
径の決定法である。管径は、粒群の比重、粒度および混合液の濃度、平均流速などに関連して求められる。

筆者らの研究によると、水平管のしゅう動流動時の実用速度は第13図によって定められるしゅう動速度数 F から求められる。ここでしゅう動速度数とは、 v = 平均速度、 g = 重力の加速度、 D = 管内径、 δ = 粒群の比重とすると、

$$F = \frac{v^2}{gD} \cdot \frac{1}{\delta - 1} \dots (1)$$

で表わされるものである。

粒群混合液を水平管で送るとき、各濃度ごとに最低流動抵抗値を与える流速がそれぞれ生ずる。しかしこの流速を実用速度として採用することには大きな危険がある。すなわち、主ポンプが坑内悪水やハイドロホイストからの戻り水などの影響を受けて長時間使用中に性能が低下して吐出量が減ること、ハイドロホイ

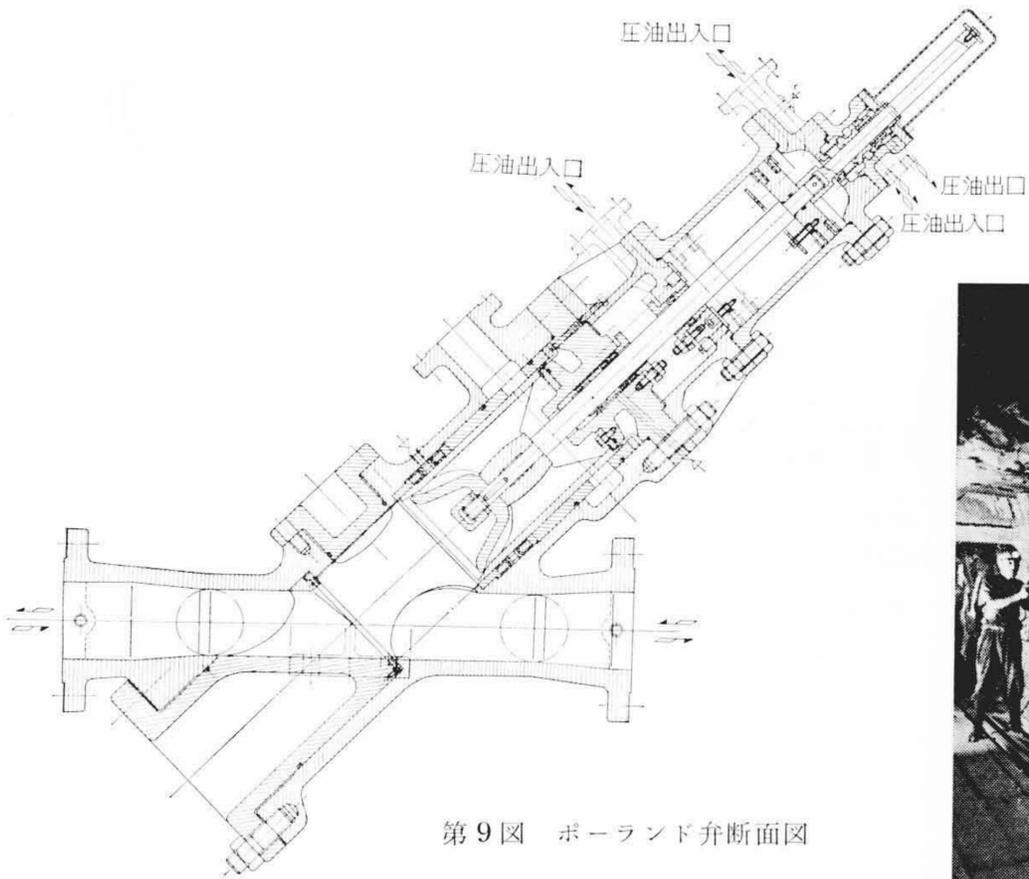


第8図 コーン弁断面図

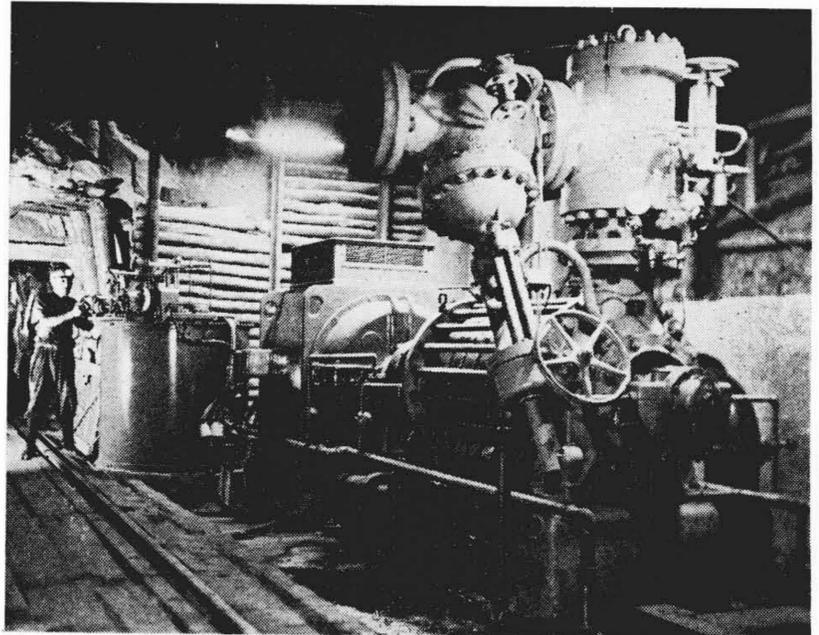
スト装置中の各弁の摩滅による漏水の発生、供給濃度の変動あるいは原炭歩どまりの変動による混合液の比重量の変化、その他のための余裕値を20~30%見込まねば安全ではない。この余裕のなかには、輸送管が短い直管でなくて、途中いくつかの曲管部や弁類を含むためのものも当然含まれている。第13図はこれらの

条件を加味して決めた流速に基づく F の値を示している。

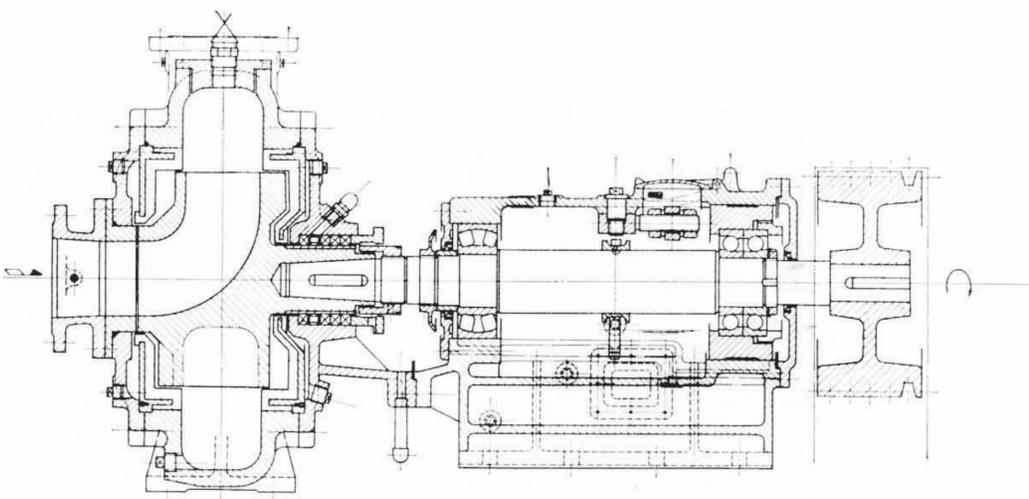
次に F が定まった後に考慮すべきことは、粒群の比重のことである。原炭の場合には、比重の大きなぼたと小さな石炭とが混合している。今回の原炭の歩どまりは65%である。このような大小比重の混合した、しかも比重の大きなものの割合がかなり大きな混合粒群を含む液が水平管内をしゅう動流動するときには、実用速度で長距離輸送中に、比重の大きなものばかりが集合して流れるようになる傾向が大きい。また原炭を破碎する機械の性質上、重いぼたは細かくなり、軽い石炭だけが過粉碎されるため、上に述べた現象は一層著しく現われる。それで、こ



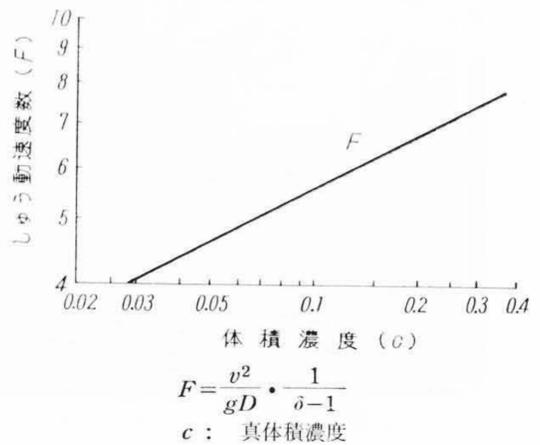
第9図 ポーランド弁断面図



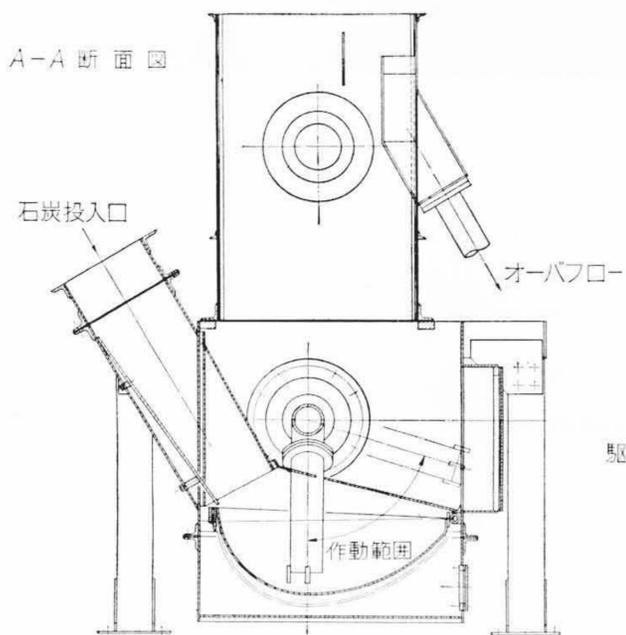
第12図 高圧タービンポンプ



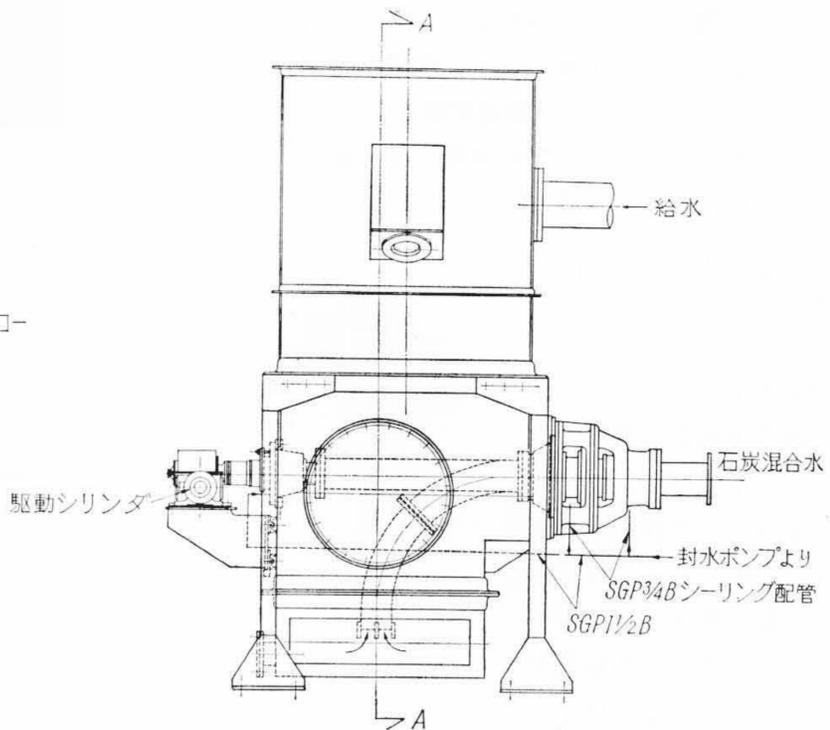
第10図 ブレードレスサンドポンプ



第13図 F と c および F と i の関係



第11図 吸 込 装 置



のような場合には計画用の δ としては、粒群の平均比重を使わずに、ぼたの比重である 2.1 を採用するのが安全である。

また、今回の計画の仕様体積濃度は約 17% となるが、研究試験が今回のものの目的であって、将来部分的に改造して 30% 以上の体積濃度の試験も行ないたいという条件がある。それでそのことを考えて、 $F=7.5$ を採用した。

次に最大粒径と管径との関係は、従来の経験から、管内径の $\frac{1}{2}$ のふるい目を通る粒群であるならば、固体の性質上細長い塊に破碎するものであっても、安全に 30% の体積濃度で送ることができるということがわかっている。ふるい目 58 mm に対しては、管径は約 170 mm ということになるが、鋼管の標準寸法に従って 164.7 mm というようになった。

以上の諸条件を加味して計算すると、(1)式から $v=3.4\text{m/s}$ が求まる。

今回の粒群の粒度構成は後に述べるように、粒径 1.5 mm 以下のものはほぼ 15% しかない。一方大塊のものはぼたが多い。したがって、微粒群混在のために輸送しやすくなる程度は少ないと見込まれる。それで実用速度は安全側に決めるべきものとなる。与えられた輸送炭量 (80 t/h) その他を考慮して実際に計算すると実用計画速度は 3.8 m/s となり、さきに算出した 3.4 m/s の 12% 増しとなり、適正なものであることがわかる。

2.2.2 給炭管

輸送管とほぼ等しい直径の給炭管を使うことが、この形のハイドロホイストの特長である。給炭に際して、弁の閉動作のときに混合液中に粒群の存在しないことが望ましい。それで次のような考慮を必要とする。

第 14 図はウォルスターの測定⁽⁹⁾した水平管でのしゅう動流動時の水と石炭とのそれぞれの正味速度の値から、筆者が F と m (管内正味体積濃度 q と吐出正味体積濃度 c との比、すなわち q/c)、 v_s/v (正味粒群速度 v_s と平均速度 v との比) および v_w/v_s (正味水速度 v_w と正味粒群速度との比) を算出したものである。図からわかるように、 F が小さくなるにつれ、また c が大きくなるにつれ、水と粒群の速度との開きが大きくなる。

輸送管内径は 164.7 mm であるので、 $F=7.9$ となる。このとき $v_w/v_s=2.3$ ($c=0.2$) ~ 2.7 ($c=0.3$) となる。給炭管内径をひとまわり小さな 152.6 mm とすると、 $v=4.4\text{m/s}$ 、 $F=11.6$ となるので、 $v_w/v_s=1.8$ ($c=0.2$) ~ 1.9 ($c=0.3$) とかなり改善される。本計画にはこの 152.6 mm の内径の給炭管を採用した。

以上は最も悪い条件で検討したものである。実際には給炭管は長さわずかに 50m の直管であるので、比重の大きなものばかりが局部的に集まることもないと考えられるから、 δ としては平均の 1.68 に近いものが使われようし、その結果 $F \approx 19$ にもなり、 $v_w/v_s \approx 1.0$ に近づくとと思われる。しかし計画上は安全をとって 152.6 mm の管径がふさわしいとした。

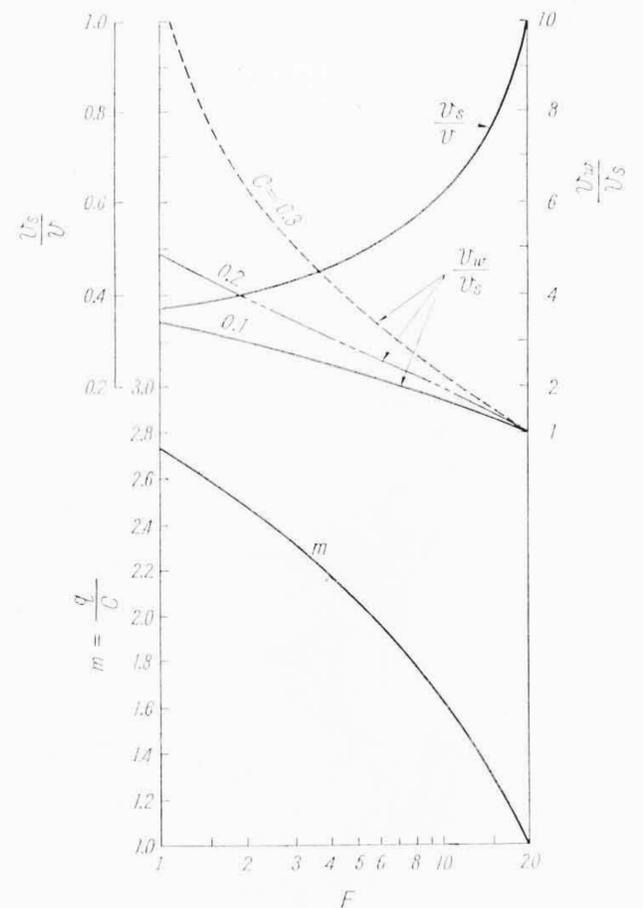
2.3 保護装置

(1) 均圧弁

給炭管の内部が高圧から低圧に、または低圧から高圧に切りかわるときの圧力変動に伴う水撃を避けるため、A 弁と D 弁に均圧弁と称するバイパス弁を設け、主弁の開閉に先だて開閉することにした。

(2) 断続給炭機構

ブレードレスサンドポンプより連続的に高濃度の混合液を送ると、B 弁は混合液中に含まれる石炭塊をかみこみ、弁の損傷を促進する。したがって、弁の損傷を少なくするためには、石炭塊が弁の閉じる時には流れていないようにしなければならない。本ハイドロホイストでは第 11 図に示す吸込装置の吸込管の先端を、



第 14 図 F と v_s (正味群粒速度) および v_w (正味水速度) との関係

主弁の閉じる時にタイミングを合わせて持ちあげ、その期間だけ塊炭を吸い込まないようにした。

(3) 分配装置 (第 15 図)

ブレードレスサンドポンプより各給炭管に至る管路を同一の長さにとり、かつ弁が閉じている方の管路へ石炭が入るのを防止するために、これが設けられた。また本装置は B 弁を閉じる時のかみ込み防止の働きの兼ねている。

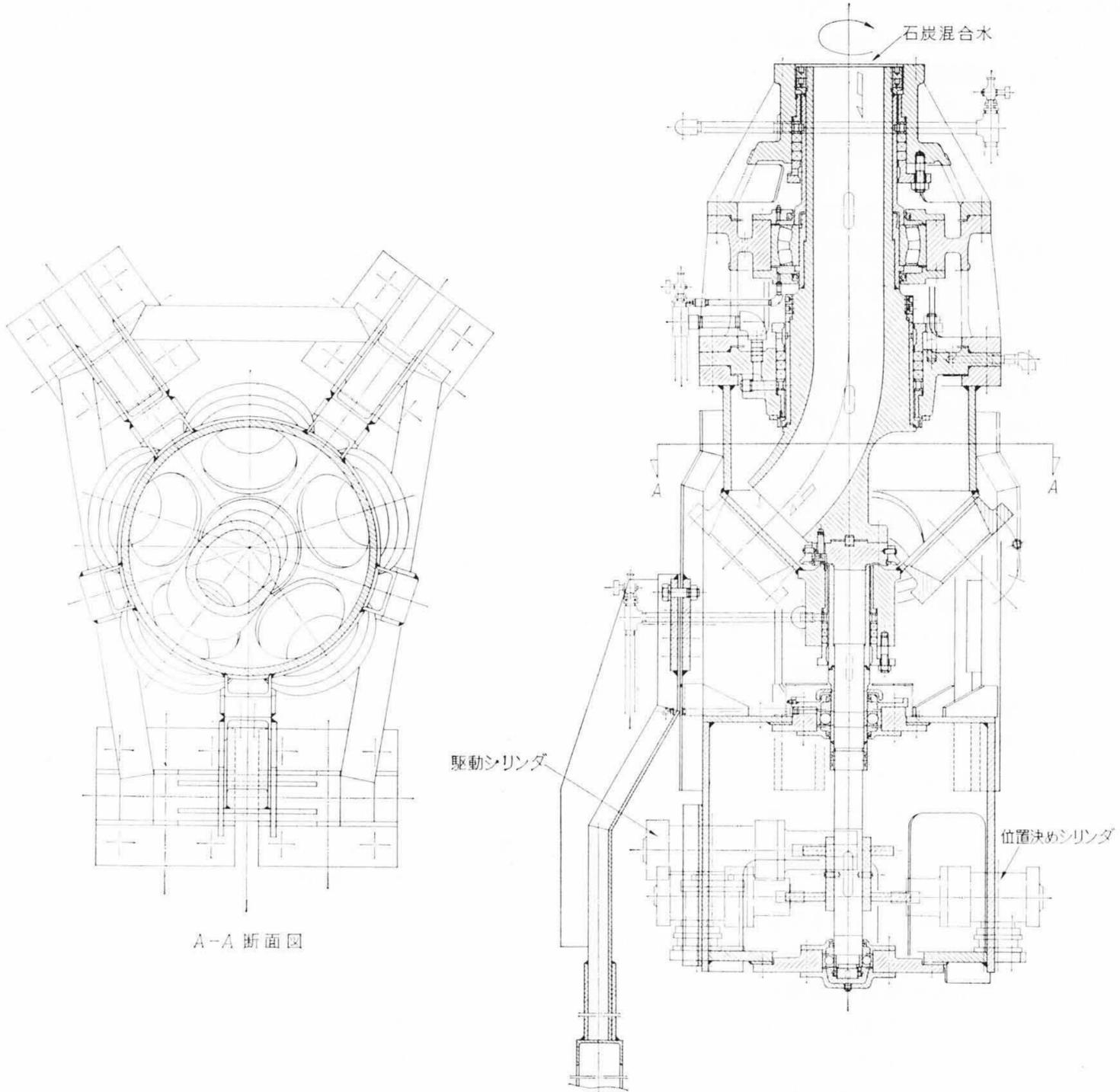
本装置の構造は、たての密閉槽の中で、曲り管が断続回転して、B 弁が開いている給炭管の方へこの曲り管の先が向くようになっている。

(4) 断続運転防止装置

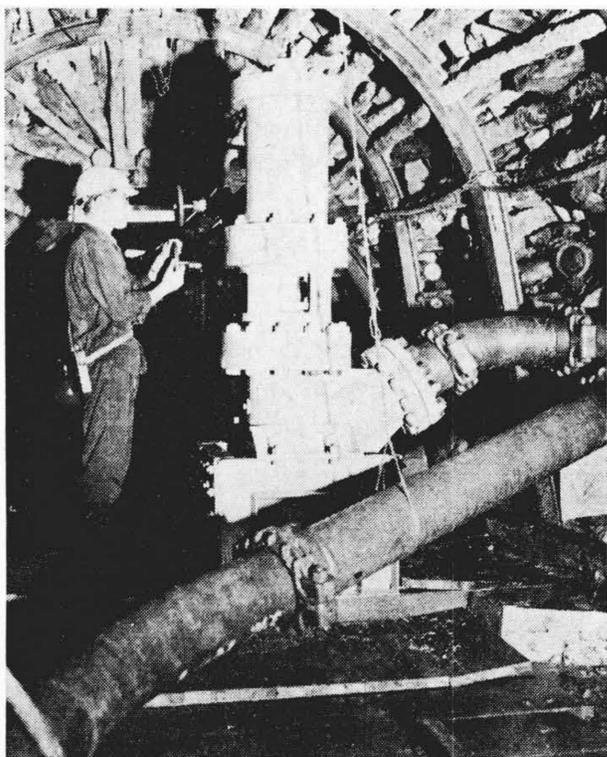
5 本の給炭管に並行して、1 本の側路管を設け、その側路管におもり付きの逆止弁を取り付けている。給炭管閉そくの事故が生じて、高圧ポンプからの清水は側路管の逆止弁を自動的に開いて流れ続けるので、高圧管中の清水側にも混合液側にも水撃の発生がまったくなく、流れの中絶による閉そくなども防がれる。またどんなときにも、高圧ポンプは断続運転とならない。

(5) 非常排出装置⁽¹⁰⁾ (第 16 図)

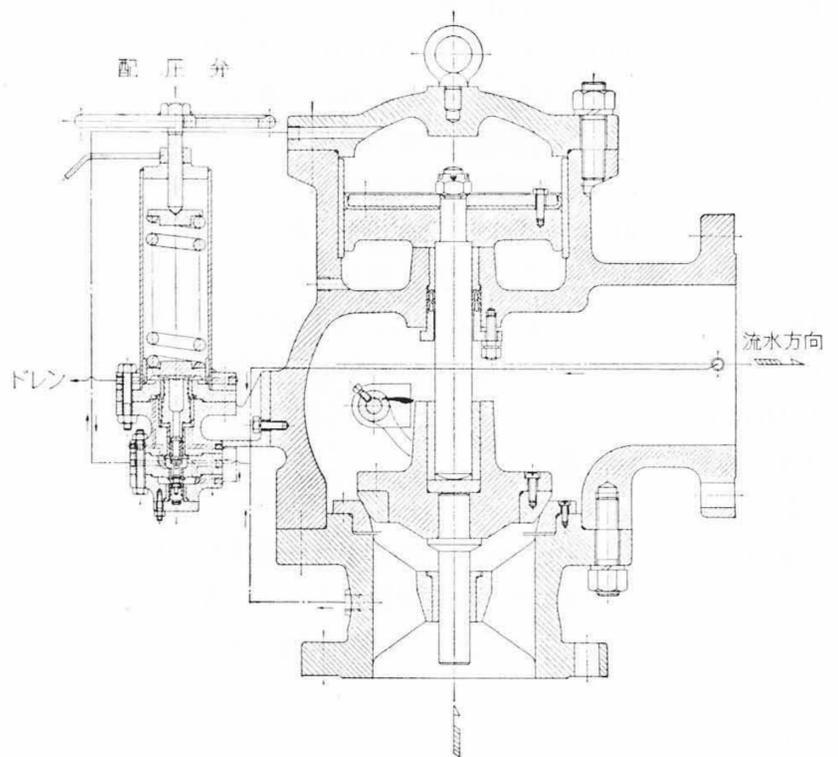
停電もしくはポンプの過負荷などの原因により、圧送高圧ポンプの送水が停止すると、輸送中の混合液に含まれる石炭は分離、沈降しはじめる。水平輸送管においては、管の下部に沈積するのみであるから問題はないが、垂直管あるいは大きな傾斜部においては、管の下端部のみに石炭が集まって沈積する結果、管路の閉そくを生ずる。これを防ぐために垂直管最下部の坑底と、地上部の洗管水槽下とに非常排出弁を設け、停電と同時に油圧によりそれぞれの弁を開き、管内の石炭を完全に排出して管路の閉そくを防ぐ (第 1 図および第 3 図参照)。地上の輸送管は坑口付近が一番高く、それからゆるい傾斜をなして選炭工場へ走っている。したがって最高部に 2 部にわかれた水槽を設け、第 3 図のごとく G および H の 2 個の弁を設ける。G 弁は停電と同時に開き、洗管水槽内の清水を垂直管に送りこむ。H 弁の側にはディーゼル機関駆動のポンプを設けておいて、停電と同時に自動的に起動して、坑外傾斜管の石炭を洗い流す。G 弁と H 弁の間には図のようにフレッ



第15図 分配装置



第16図 非常排出弁



第17図 特殊逆止弁
(軽負荷起動兼過負荷防止兼過少水量検出装置付)

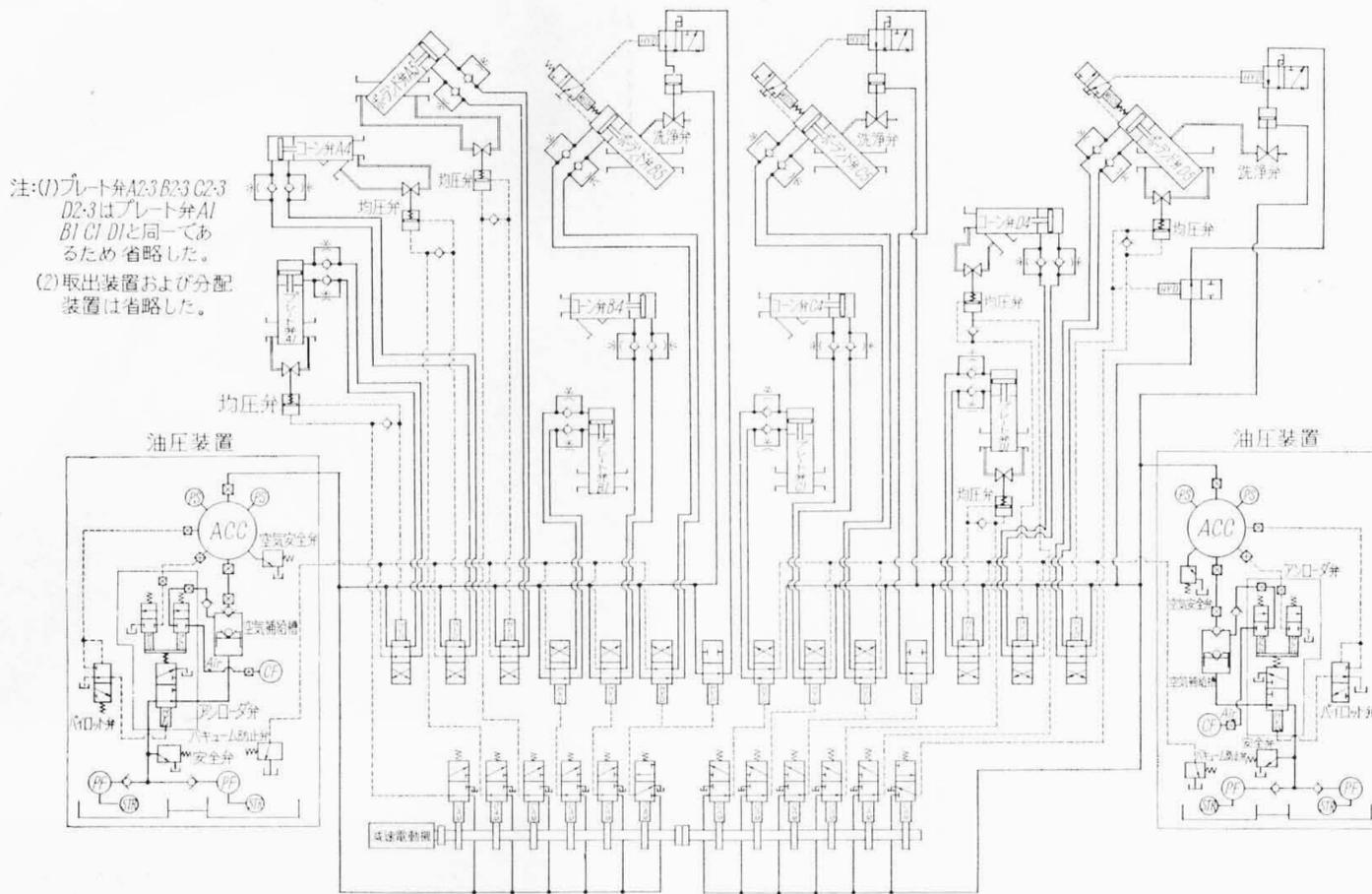
クス形逆止弁を設け、両部を遮断するようになっている。

(6) 高圧ポンプ保護装置

定量送水装置を兼ねて、軽負荷起動、過負荷防止、過少水量検出の各保護装置付特殊逆止弁⁽¹¹⁾は主ポンプの吐出口に取り付け

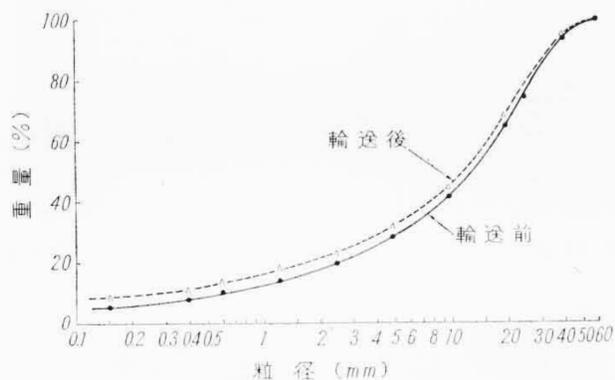
られている。この構造を第17図に示す。

この弁は、 hidroホイストにはぜひ必要なものであるので、



注:(1)プレート弁A2.3 B2.3 C2.3
D2.3はプレート弁A1
B1 C1 D1と同一である
ため省略した。
(2)取出装置および分配
装置は省略した。

第18図 油圧系統図



第19図 粉化の程度
(輸送前後における粒度分布の比較)

少しく説明を加える。高圧ポンプの全揚程は、規定の最高濃度のときの輸送管中での所要抵抗を基準にして定められている。濃度が増えると抵抗は大幅に変わり、一定回転数の渦巻ポンプでは、吐出量が急変する。そのために必要以上の流速となると、管路の摩滅が激しくなるし、まず給炭管用各弁の開閉のタイミングと流速とが一致なくなってしまう、円滑な送炭ができなくなる。それで、濃度が規定以下にいかにも変わっても、主ポンプの直接出口(逆止弁とポンプとの間)の圧力は常に任意の一定値を保ち、したがってポンプからの送水量すなわち管内流速は、常に任意の一定値を保つようにしなければならない。この弁がその機能を満足に果たしている。

2.4 制御装置

第18図は制御装置の油圧系統図を示す。各操作弁は長さ50mの給炭管の中央に位置する指令装置よりの指令に基づき、順序正しく作動する。指令は23個のカムの回転に基づく配圧弁からのオン・オフの信号によって与えられる。その信号を油圧パイロットの四方切換弁がうけて、それにより各弁のシリンダを作動させる。

油圧発生装置は入口側と出口側の2組にわかれ、それぞれ次の機器を持っている。

- (1) 蓄 圧 器 油量 300 l
- (2) 歯 車 ポ ン プ GR-CH 405 形
- (3) 貯 油 槽 容量 1,468 l × 2 個

- (4) 空 気 補 給 槽 クリーピストン形
- (5) アンローダ弁
- (6) パイロット弁
- (7) 空 気 圧 縮 機 FFOU-K 形 730 l/min × 10 kg/cm²
- (8) 警報用圧力開閉器 2 個

3. 試験結果

3.1 送炭状況

輸送能力は計画の80 t/hを上まわり、100 t/h(体積濃度20%)を得ることができ、かつ何の支障もなく安全に運転を続けることができた。

第19図に示すとおり、輸送中の粉化の程度はきわめて少なく、ほとんど問題にしないのでよい程度である。

ふるい目を規定より大きく70 mmにしたところ、当然ながら閉そくを生じた。しかし、ただちに58 mmに戻したところ、以後閉そくはまったく生じていない。最大粒径はやはり、管径の1/3以下のふるい目通過のものにするのが安全であることが、今回の試験でも示された。

前に述べたように、給炭管への充てんにはブレードレスサンドポンプからの連続輸送を行ない、かつ5本の給炭管から順次送り出されているのであるが、給炭管から出た直後の輸送管での粒群しゅう動状況はきわめて円滑であって、濃度のむらは少しも感ぜられなかった。

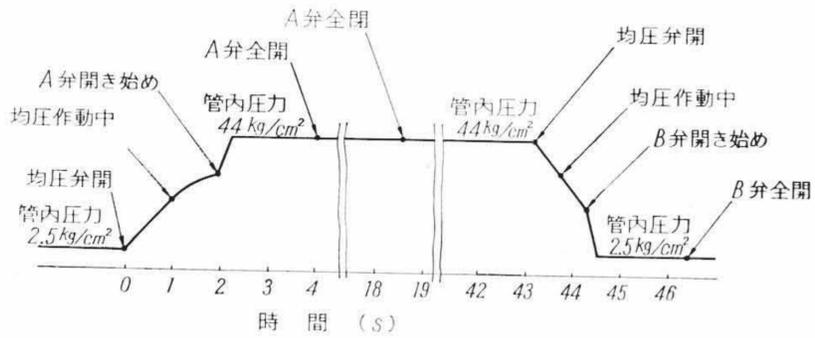
3.2 機器の作動状況

3.2.1 給炭動作

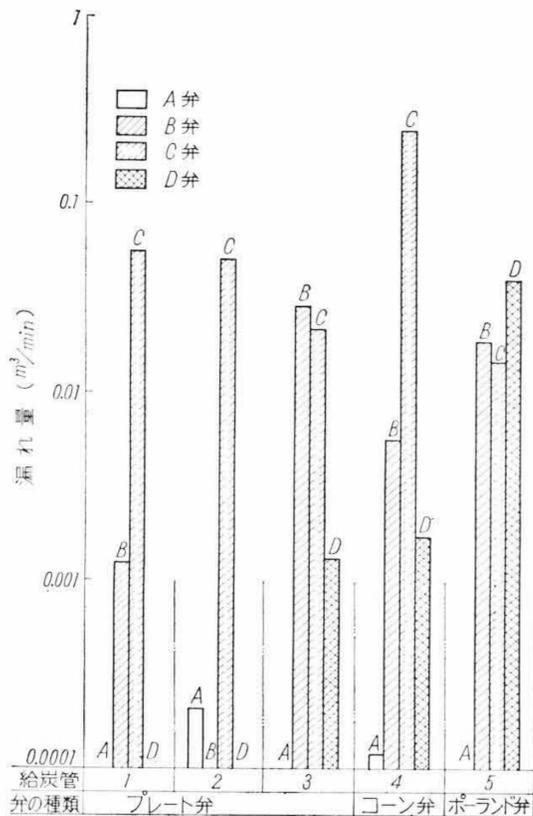
予想どおり順調に作動した。特に水撃発生などの障害は何も起こらなかった。また最初のうちは相当に神経を使ってこまかい調整をしつつ運転をしていたが、そのような必要はなく、多少変則的に運転しても危険のないことがわかった。このことは巻上機などに比し、保安上の考慮が少なくてもよいことを意味し、非常に有意義なことである。

3.2.2 保護装置

断続送炭機構は予定どおり確実に作動した。B弁の損傷が少な



第20図 給炭管内の圧力変動



第21図 1万トン送炭後の各弁の漏れ量 (圧力40 kg/cm²)

い点からも、この方法の効果が証明された。

分配装置も順調に作動した。しかしながら本装置はやや巨大であり、そのため大きな空間を必要とする欠点があるので、できればこれなしですませたいと考え、内部の曲管を取りはずして運転してみた。その結果ほとんど支障が認められないので、今後は本装置を取り除いて運転する考えである。

均圧弁は予期のとおりの性能を示した。第20図はオシログラムで給炭管内の圧力の変動を記録した結果を示す。圧力の切換に伴う異常現象は何ひとつ生じておらず、均圧の効果をはっきり示している。そのほか締切運転防止装置および非常排出装置は、試験の結果予期どおりの効果を示し、振動などの有害な障害は皆無であった。

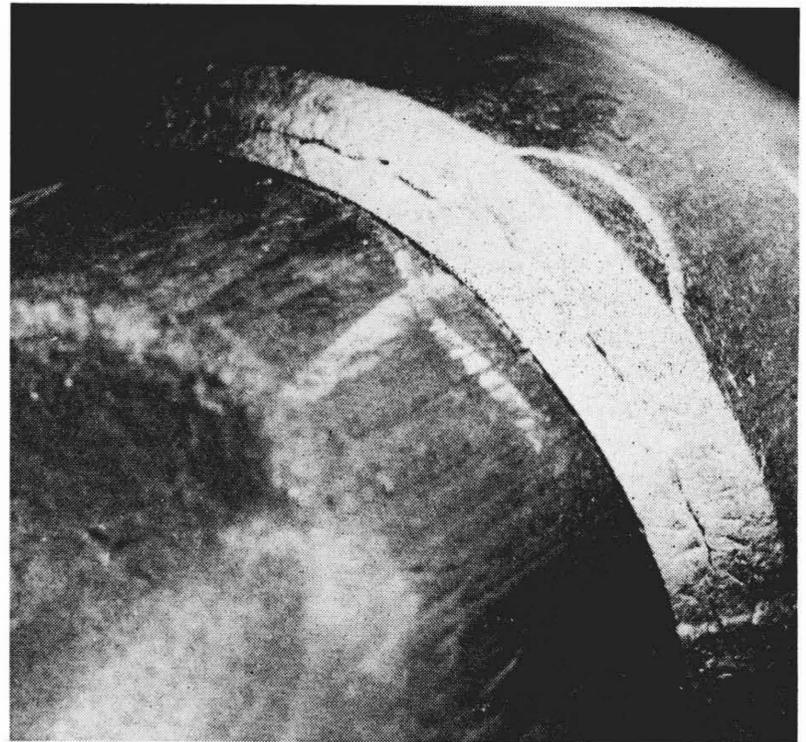
3.2.3 制御装置

各油圧装置は調整運転ののち正確に作動し、何の障害もなかった。ただし均圧弁の作動回路が多少不安定の傾向を示したが、送炭にあたって支障は生じなかった。ただしこの点は今後改造する考えである。

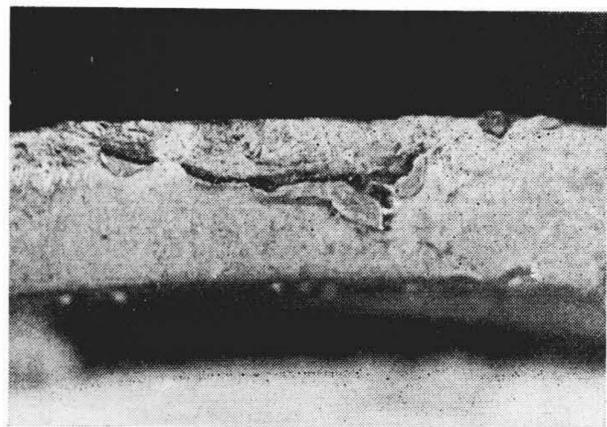
3.3 弁の摩滅状況

1万トン送炭後、各弁を取り付けたまま水圧をかけて、その漏れ量を調べたところ、第21図のとおりであった。この結果次のことがわかった。

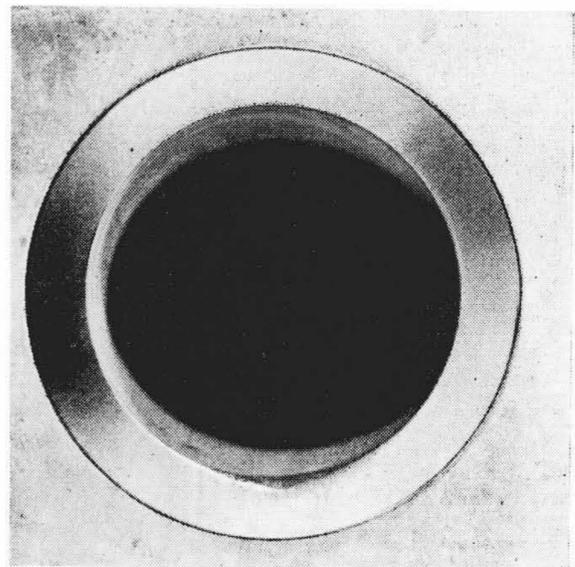
- (1) コーン弁の漏れ量が一番多い。
- (2) B弁の漏れ量が比較的少なく、断続送炭装置の効果を明らかに示している。
- (3) 漏れ量が4%あっても、安全に何の支障なく運転できる。



第22図 1万トン送炭後のコーン弁 (C弁)



第23図 1万トン送炭後のポーランド弁 (D弁)

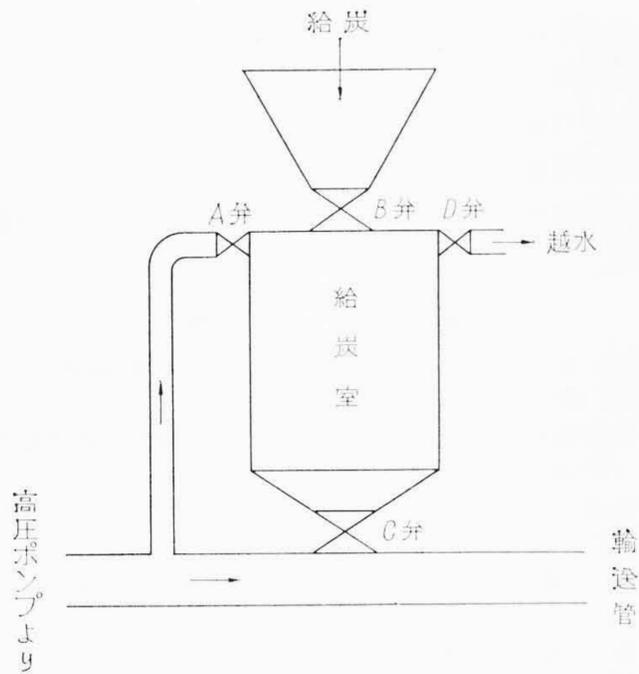


第24図 1万トン送炭後のプレート弁 (C弁)

さらにこの時点で各弁をそれぞれ分解調査した。この写真を第22~24図に示す。コーン弁は弁の方に、接線方向にそった割れ目はいっており、かつ多くかみこんだためと思われる傷のため、面が非常に荒れていた。ポーランド弁はコーン弁ほどではないが、かなり荒れていた。プレート弁は一番漏れ量の多いものを分解したところ、下部におそらく鉄片を切ったために生じたと思われる局部的傷が一個所あるのみで、面の荒れとか摩滅はほとんど認められなかった。

このほか石炭をかんだとき、コーン弁およびポーランド弁は石炭をはさんで全閉しない場合も時々生じたが、プレート弁はその際石炭を切ってしまう関係上、そのようなことは全然なかった。

以上の各点から考えて、プレート弁が最も信頼性があり、かつ実



第25図 側筒式ハイドロホイスト説明図

用的であることが確認された。

4. 検 討

4.1 給炭状況

給炭管の中に完全に均一に充てんされ、何の支障もないことが今回の試験の結果確認された。

この点は、今回の主管圧送式ハイドロホイストの決定的長所である。これは側筒式ハイドロホイストにおける給炭の困難さに比較するとはっきりする。側筒式ハイドロホイスト(第25図)では、給炭の際大きな粒径の石炭によって押し出された水の中に、細かい粒径の石炭が多量に含まれ、D弁から溢出される。その損失はかなり大きなものである。

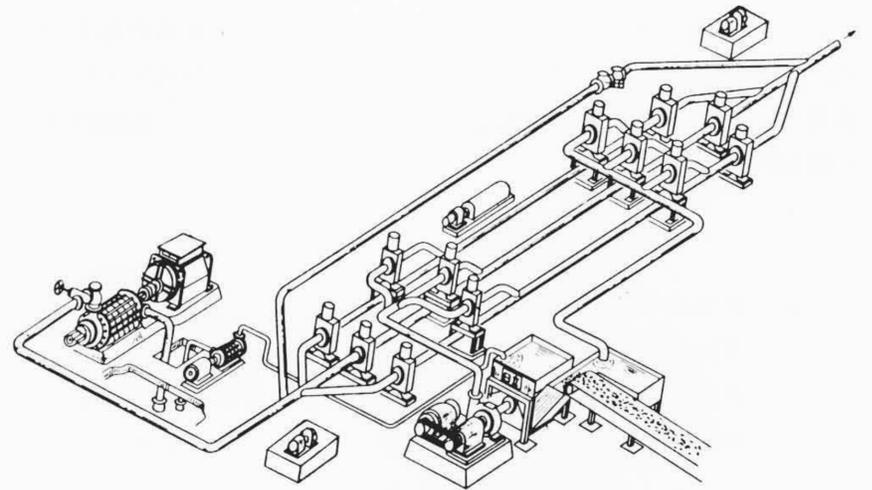
次に石炭粒子は側筒中をゆっくりと自由沈降速度で落下するが、微粒子の場合は特に沈降速度がおそいために、給炭困難となる。もしそのようなときに、送炭弁(C弁)から漏水があると、給炭室(側筒)内に上昇流を生じ、給炭不能となる。したがって弁の摩滅による漏水は、側筒式ハイドロホイストにとって致命的影響を与える。

さらに給炭室から輸送管へ行く途中で、濃度の変動から閉そくが生じやすい。神林炭鉱の場合のように輸送管径の3倍余の径の送炭弁を使用すると、最初異常な高濃度で輸送管に送りこまれ、やがてきわめて低濃度になるなどむらを生じ、全体としての高濃度維持が困難となる。また終始一定量で送りだすためにスクリュウ装置などを設けることもあるが、構造の複雑さを免れず、しかもいずれの場合にも微粒群を完全に送り出すことは困難である。

今回の主管圧送式ハイドロホイストでは、ブレードレスサンドポンプが必要となるが、上述の困難をすべて解決している。すなわち側筒式ハイドロホイストの越水に相当するもどり水は、前の作動サイクルで給炭管内に充満していた清水であるから、なんら固形物を含まない。

また石炭は混合液として、ブレードレスサンドポンプから自由沈降速度の5倍程度の速い流速で給炭管中に送られる結果、完全に均一に充てんされる。さらに給炭管は輸送管とほとんど同一の内径であり、高圧の水ピストンで高速で輸送管中に送りこまれる。このような理由から、給炭に伴う障害は皆無となる。

また、ブレードレスサンドポンプから高速で充てんされる結果、送炭弁(C弁)からの漏水は多少あったとしても、それだけブレードレスサンドポンプの混合液量が減るだけで、数パーセント以下の漏れならば、ほとんど能率には影響しない。このことは今回の試験の結果からも完全に確認された。数パーセントの漏水によって給炭不



第26図 分配装置を取除き、給炭管を3本とした場合の主管圧送式ハイドロホイスト

能となる側筒式ハイドロホイストに比し、これは決定的にすぐれた点といえる。

4.2 機器の状況

側筒式ハイドロホイストに比し、主管圧送式ハイドロホイストは弁の摩滅の影響は小さいが、それでも操業費に影響するので、弁の摩滅については特に詳細に調査した。比較試験の結果、コーン弁、ポーランド弁、プレート弁の三種のうち、現段階で実用になるのはプレート弁だけであることが判明した。プレート弁は石炭やぼたなどのかたまりを切って閉めることができるのが長所であるが、小さな鋼線程度ならとも角、ボルト類までを切断するのはむりである。今回もベルトコンベヤに、鉄片除去用の電磁石を取り付けたが、まだ不十分であり、輸送物中に多数の鉄片が発見された。より完全な鉄片除去の方法を今後さらに研究する必要がある。

ブレードレスサンドポンプは低揚程運転のため、摩滅は非常に少なかった。

圧油装置は空気補給方法などに新しい試みを採用したにもかかわらず、支障なく運転した。

運転初期の段階において、油圧機器の一部にパッキン不良による油もれや、まわり止め不良などによる故障があったが、いずれも初歩的な故障であり、その後必要以上と考えられるほど徹底的な対策を行なって、完全に解決した。

4.3 営業用ハイドロホイストの構想

本ハイドロホイストは実用規模ではあるが、あくまで試験研究用として設計されたものであり、また初めての設備である関係上、今後の営業用ハイドロホイストとしては不用品部分や、もっと単純化しなければならない部分をいろいろ含んでいる。

これらの主要な点をあげると次のとおりである。

- (1) 給炭管は5本の必要はなく3本でよい。
- (2) 操作弁はプレート弁一種でよい。
- (3) 分配装置は必ずしも必要ではない。
- (4) 制御用油圧系統は現在のものに比し、ずっと小形で単純なものにできる。

そのほかいろいろ考えられるが、上述の対策中、(1)~(3)を行なっただけでも第26図に示すように非常に単純化され、巨大な坑道を必要としないので、設備費が大幅に減少すると思われる。

5. 今後の研究課題

古河好間鉱業所における試験は本年6月まで続けられる予定である。その期間を通じて次の項目の試験を行なう予定である。

- (1) ブレードレスサンドポンプの吸込装置を別の形式(滑動円筒式)のものでも試験する。
- (2) 給炭管を5本から3本に減らして試験する。

さらに今後の課題として、濃度の上昇に伴う輸送能率の向上のため、よりいっそう努力するつもりである。その一つの方法として、装置全体としての濃度の自動制御の採用があり、すでに基礎的研究を開始した。

6. 結 言

試験の結果次のことがわかった。

- (1) 真体積濃度20%で、完全に安定した運転をする。
- (2) 各部分は水撃・振動およびその他の障害を全然生じない。
- (3) 操作弁ではコーン弁、ポーランド弁、プレート弁のうち、プレート弁が最も適当である。
- (4) 精密な保守、調整をほとんど必要としない。
- (5) 輸送にあたって、粉化、閉そくを生じない。
- (6) 側筒式 hidrohoist に比し、あらゆる点で決定的にすぐれている。

以上の結果から主管圧送式 hidrohoist は、完全に実用の域に達したものであることがわかった。

今後はより高濃度の輸送をめざして研究を続けていく考えである。

終わりにのぞみ、本方式 hidrohoist の基礎研究で協力された東京工大草間、辻両博士ならびに本試験の担当研究者である、石炭技術研究所の後藤、陣内、齋藤、岡田、宮辺の各研究所員の方々、また日立製作所亀有工場の関係各位、特に設計、据付および試験に熱意をもって努力した内田、佐藤、小宮の諸君に心からの感謝の意をささげる。

参 考 文 献

- (1) Percy S. Gardner: Engineering and Mining J., 153, 94 (Jan. 1952)
- (2) 石炭技術研究所: 各国の高揚程水力輸送に関する各種の方法 (昭36 石炭技術研究所)
- (3) 寺田進: ハイドロリックコンベヤ, 224 (昭37 日刊工業新聞社)
- (4) 草間: 機械学会第93回講習会教材 33 (昭32-5)
- (5) 渡辺: 炭研 9, 33 (昭33-2)
- (6) 寺田: 特許第250447号 昭33-8926
- (7) S. Weinberg: Colliery Guardian, 205, 594 (Nov. 1962)
- (8) 寺田: 実用新案第510694号 昭34-18587
- (9) R. C. Worster, D. F. Denny: Proc. Inst. Mech. E., 169, 564 (1955)
- (10) 保延, 細田: 実用新案第479889号 昭33-3439
- (11) 木暮, 岸野: 特許第240890号 昭32-9839



特 許 の 紹 介



特許第401157号

東条準之助

交流電気車用单相誘導電動機起動装置

主電動機として、单相誘導電動機を使用した交流電気車においては、单相誘導電動機を起動するため特に別個の起動用小容量電動機を直結していたが、この発明においては起動用電動機を廃し、单相誘導電動機5の固定子鉄心みぞ中に巻線6, 7, 8を3相巻線として収納しておきかつ1相巻線7の両端子V, Zをそれぞれ中性点0に断続する接触器10, 11と起動時に前記3相巻線6, 7, 8に相数変換器12または他の3相交流発電機の出力端子より3相電流を供給するために接触器13, および運転中巻線6, 7を主変圧器2の二次巻線3の出力端子に接続する接触器9を備えたことを特長とするものである。

この発明によれば、单相誘導電動機の起動を行なうに際し、まず

接触器9, 10を開き、次に接触器11を閉じて固定子巻線6, 7, 8を3相接続とした後、接触器13を閉じて3相交流を供給し、单相誘導電動機5を3相誘導電動機として、容易に起動することができる。

こうして起動を完了した後は、接触器13を開くとともに、接触器11を開き、また接触器10を閉じて巻線7の端子Vを中性点0に接続し固定子巻線6, 7の接続を单相接続とした後、接触器9を閉じて固定子巻線6, 7に主変圧器2の二次巻線3の出力端子a, bより单相交流を供給し、单相誘導電動機5の運転を行なうことができる。

したがって、この発明によれば、主電動機は小形軽量となり、しかも起動特性はきわめて良好であるから交流電気車用单相誘導電動機の起動装置としてきわめて優秀である。(須田)

