

## ポンプの製作および応用技術の最近の展望

### A Recent View of the Pump Manufacturing and application Fields

寺 田 進\*  
Susumu Terada

#### 内 容 梗 概

鉱山用，火力発電所用，水力発電所用，農業用，水道用，製鉄工場用，浚渫用，セメント工場用などに使われるポンプ類の実例によつて，最近のポンプ製造技術の進歩の状況を述べた。

この数年間のポンプの進歩は，構造に，材質に，はた性能に特記すべきものはなほ多い。

アメリカでの目をみはるような発展の外に，オランダ，ソビエトあるいはドイツなどにもそれぞれ国状に合った独得の種類のパンプが発達している。わが国の，家庭用電動小型ポンプもまた世界に誇るべきものである。

また，わが国の学者の，ポンプ方面での研究中にも，すぐれたものがある故，われわれは，偏らない気持ちでその実用化に積極性を持ちたいものである。

#### 〔I〕 緒 言

景気の影響の少ない仕事の一つがポンプの製造販売業であつて，神武以来の好況だといつても，ポンプの総需要量が急に桁違いに殖えたわけでもないが，長い目でみると，生産屯数はじみながら確実に上昇の一途をたどつている。もちろん，局部的には烈しい変化もかなりあるもので，軍艦用ポンプを大量生産した過去の夢物語りは別としても，石炭ブームの波に乗つて品物さえあればと多段タービンポンプに羽根が生えて売れた時期もあつたし，農村景気による電化流行のお蔭で，1/4 HPから数HP位までの小型のボリュウトポンプがうんかのような勢で農村方面に殺到した数年間に引続いて，家庭用のさらに小型のものを含めての自動電気ポンプの需要は作る側でさえも驚くほどの著しい伸び方を示している。

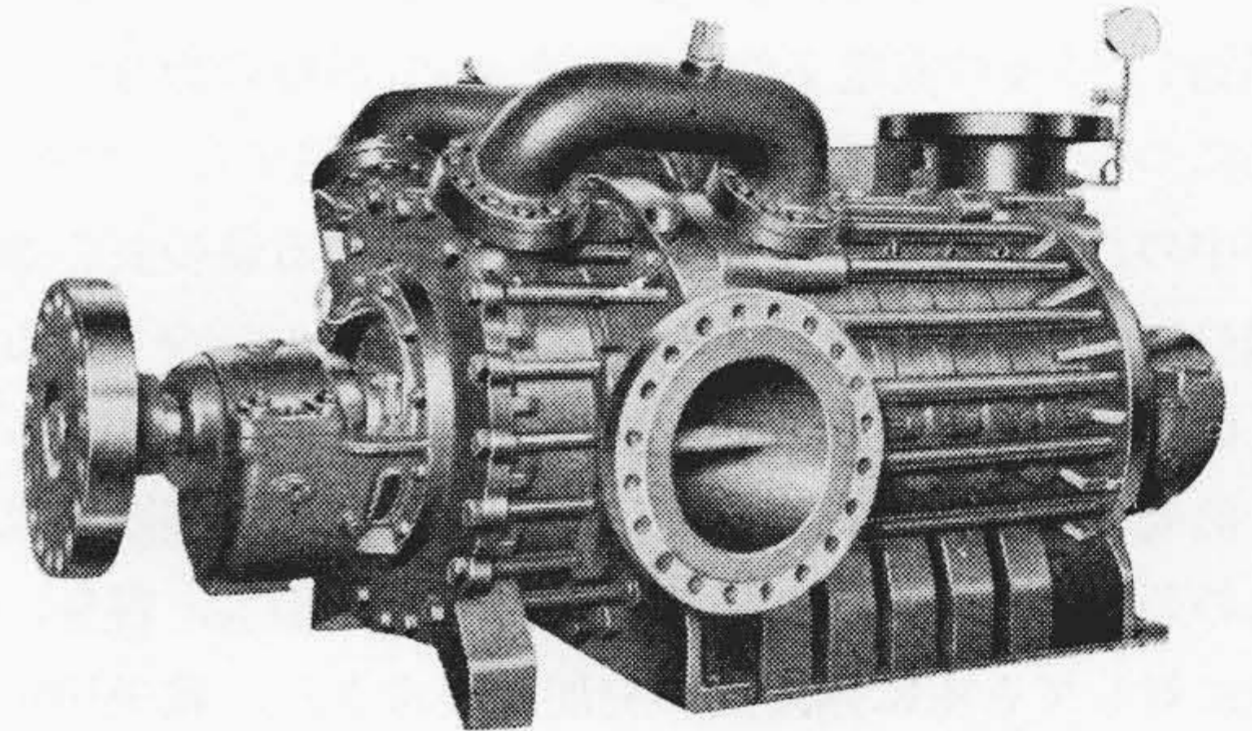
このようなポンプの応用方面のうちの代表的なものいくつかについて，使われるポンプの製作技術上の展望を試みてみよう。なお特に断らない限り本邦内のことについて述べる。

#### 〔II〕 主なる応用方面における現状

##### (1) 鉱山用ポンプ

石炭鉱山および金属鉱山などの坑内排水ポンプに関しては，経営合理化のための集中排水の行われるものが殖えてきたことと，自動運転法が軌道に乗つてきたことが目だつ。具体的にはポンプの仕様の大水量化，高揚程化となつて現われ，さらに，従来この用途のために使われていたシリンダ型の多段タービンポンプは次第に影を潜め，500 m×1,000 HP 級のものまでが大抵の場合に輪切型多段タービンポンプとして作られるようになり，その利点のよく認識された結果，昨年末から本年にかけて

\* 日立製作所亀有工場



第1図 常磐炭硯，磐城硯業所納  
2,200 HP, 570m, D2GM型多段  
タービンポンプ

570 m×2,200 HP という坑内排水ポンプとしては世界最大の容量のもの3台さえもこの輪切型で完成されて，揚水運転にはいつている。

この傾向は世界的のものでもあつて，われわれが自分達の経験によつてこの方向に進んでいるときに，かつてわれわれの技術の最高の先輩として仰いだ欧州のスルザー社が，戦前にはシリンダ型をその一枚看板としていたものを，最近では輪切型多段タービンポンプをも盛んに宣伝し始めているし，従来から輪切型を大いに作つていたワイズゼーネ社やKSB社なども，一層積極的に超高压用の輪切型多段ポンプを売り拡めている。

坑内ポンプの自動化は，20余年前に一度取り上げられながらはなばなしい実用の実は結ばなかつたが，最近では，つぎのような条件が揃つたために，確固とした発展の波に乗つてきている。それは，ポンプ自身の性能と構造とが自動化に適するように改良されたこと，自動運転に必要な電気器具の質が進歩し種類が充実したこと，ポンプの自動停止ならびに非常停止のときの管路の水撃圧力の発生防止法の適確なものが現われたことと，最後に，自動化を急がねばならない現地の労働条件と経済事情に追い込まれてきたことならびにメーカーおよび使用者が

ともに自動化に馴れてきたことが原因として挙げられる。

鉱山用ポンプの新らしい課題は、ハイドロホイストとしての応用である。これは鉱石，原炭，精炭および硬などを，管内の圧力流水を利用して高く持ち上げたり遠く送つたりして，経営効率の改革を計るものである。

これには，坑内排水ポンプの吐出側において高圧管中に特殊の方法で固粒体を圧入する方法や，各種ポンプの入口側に水とともに固体を吸込ませる方法などが使われ，アメリカ，フランス，イギリスなどでは盛んに実地研究が行われ，すでに一部では実用化も始まっている。ソビエトは殊に応用に積極性を持ち，このための 900 m<sup>3</sup>/h×250 m の 2 段うず巻ポンプの完成をも報告している。

われわれもこの研究に着手して以来すでに 4 年以上を経過し，種々の実地条件に適うために，数種の異なつた方法についての，モデル試験をもそれぞれ完了しており，その中のたとえばブレードレスポンプによる硬の長距離輸送のごときは，現地での実用運転に取りかかっている。

## (2) 火力発電所用ポンプ

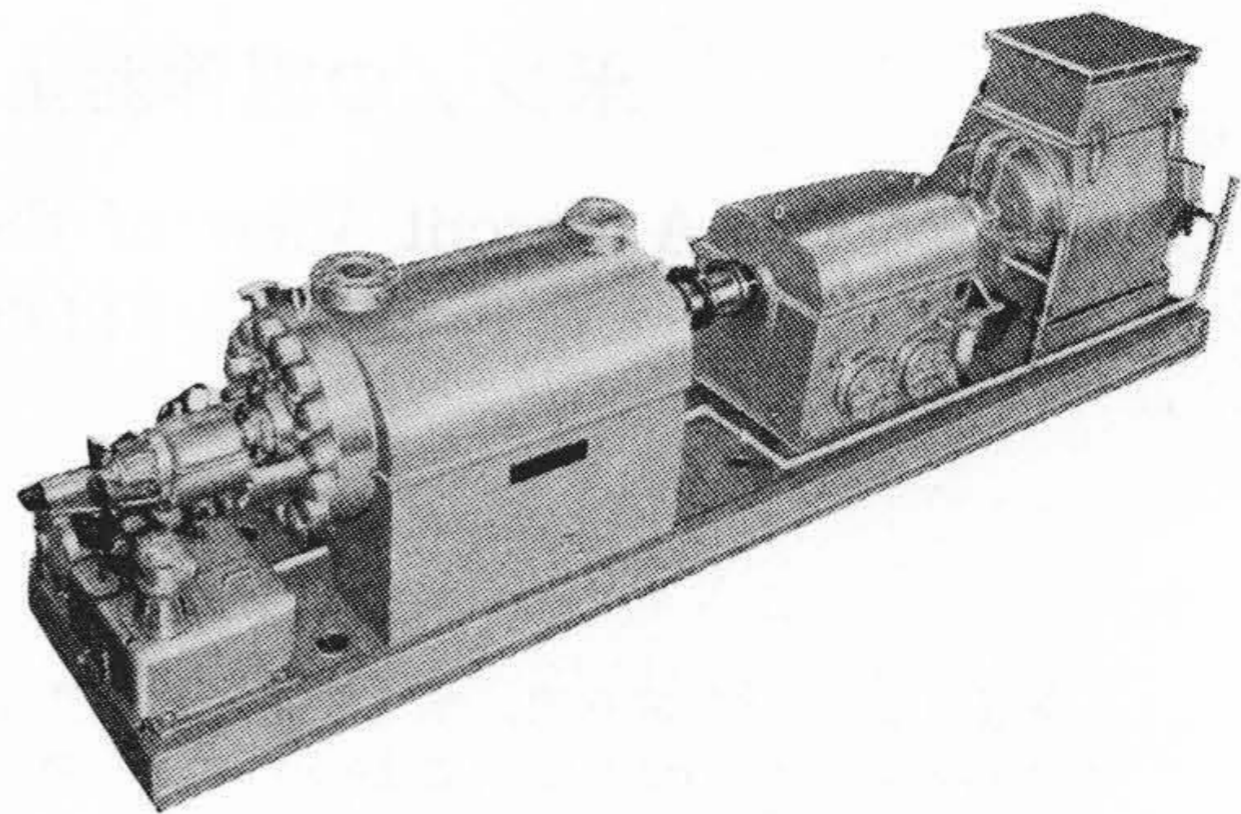
熱効率と経営効率との向上のための，発電機の単位出力の急上昇に伴い，使われる各種ポンプ類も，容量，性能に対してともに飛躍的の発展が要求され，戦後10年間に面目が一新している。

まずボイラ給水ポンプについて述べると，発電用主機類と同じく完全にアメリカ式をまねておつて，2種類のバーレル型の高温，高圧用多段ポンプが国内数箇所のメーカーによつてつぎつぎと製作され始めておる。国産化されたポンプは，最初に輸入されたアメリカ製品と肩を並べてすでに長時間の連続運転を行つておつて，なんの見劣りも生じてはいないので，実質的には，今さら外国との技術提携を必要としない段階に達している。

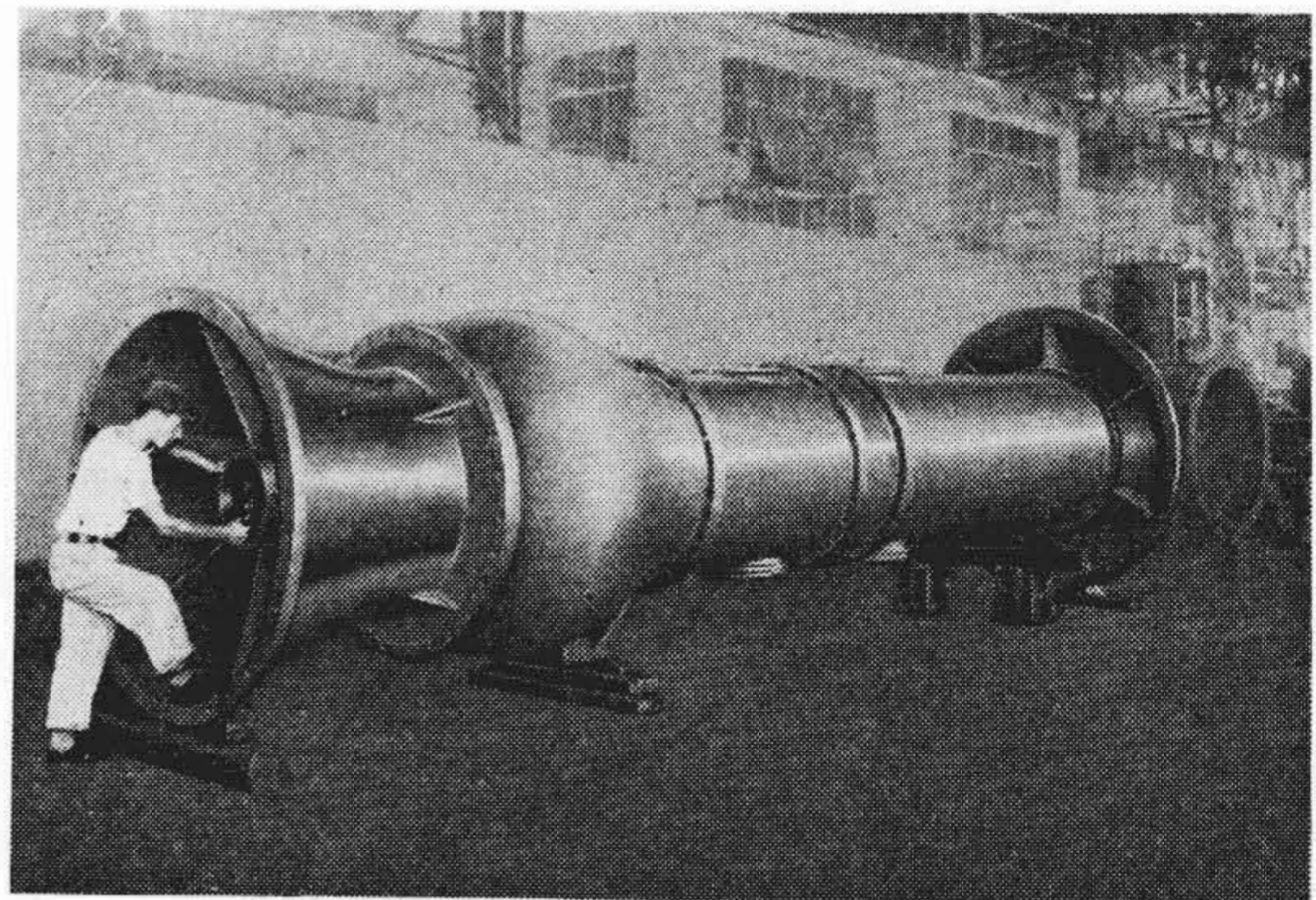
発電主機の単位出力は，さらに17.5万kWから25万kWへというように膨脹し続けて行くので，使われるポンプも，10,000 rpm 前後の高速度で 200 kg/cm<sup>2</sup> 近くの超高圧の全揚程のものに移つて行くが，この点についての基礎的諸研究も進められており，製作技術上ほとんど心配のある点は残されていない。

つぎに復水器関係のポンプに目を転じてみると，復水ポンプおよび冷却水ポンプがともに縦軸型のものに改められてしまつて，いずれもキャビテーションの恐怖から完全に免かれて運転されている。後者には，斜流プロペラポンプの使われることが多く，その主要部の材質にもニレジストと不銹鋼との組合せという高級なものが惜気なく採用され始まつている。

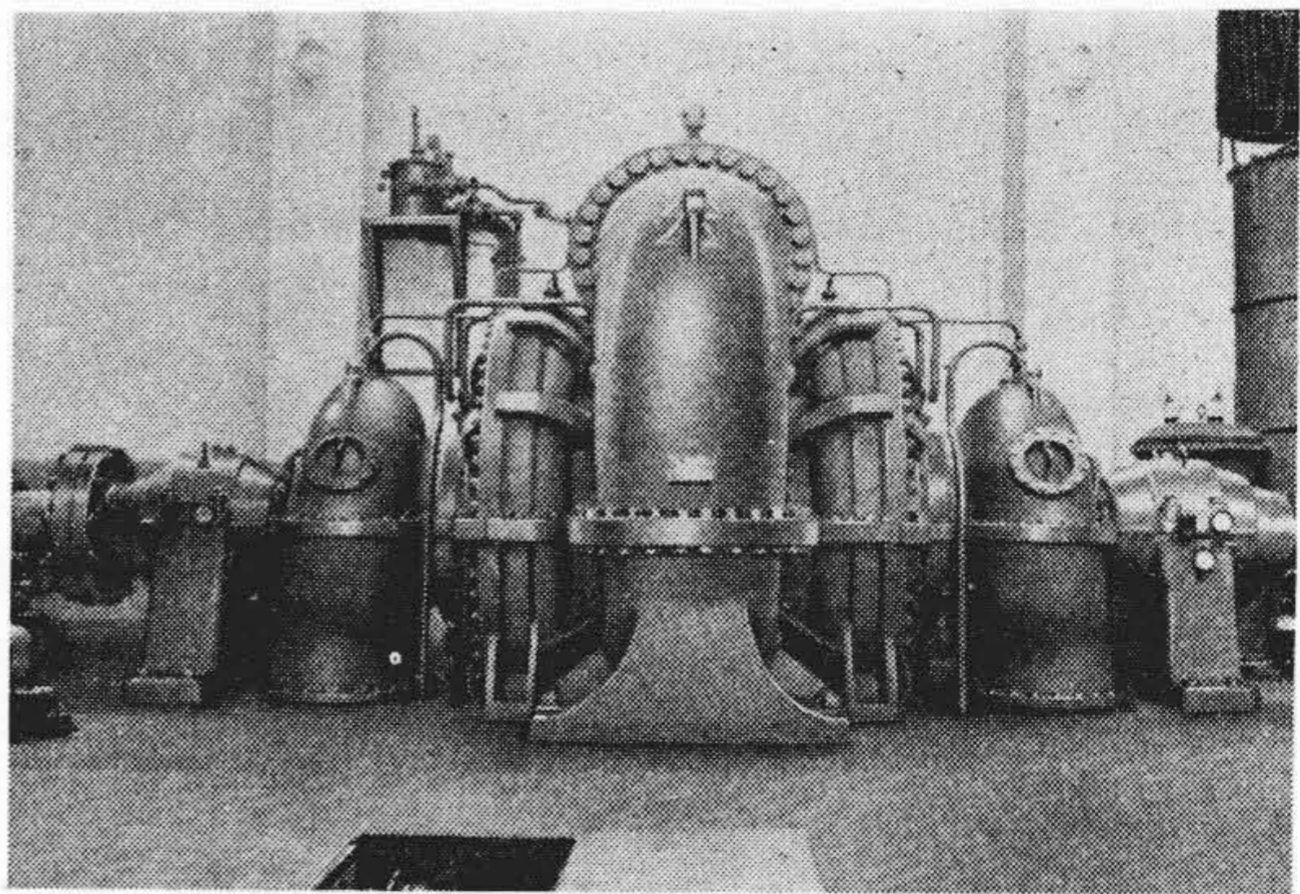
この項目に関係するもので，新らしく研究に着手されたものに，原子力発電所用各種ポンプがある。放射能分



第2図 東京電力，新東京発電所納  
1,000 kW，125 kg/cm<sup>2</sup>，BGM 型  
多段タービンポンプ



第3図 北海道電力，砂川発電所納  
1,100 mm，320 kW 縦軸斜流プロ  
ペラポンプ



第4図 東北電力，沼沢沼揚水式発電所納  
21,000 kW，211m DMS 型 多段タービン  
ポンプ

子の混入率の濃い高圧，高温水をポンプおよび配管系統から絶対に漏らさないために，電動機は確詰型の水中回転子式とし，その電動機の軸の延長上にポンプの羽根車を吊り下げる特殊全密閉型のモートルポンプとする。水中電動機はボアホール用の水中モートルポンプとしてすでに量産の域にはいつている現状であるから，原子炉用確詰型モートルポンプの完成も近いであろう。

## (3) 水力発電所用ポンプ

只見川の沼沢沼に当時としては世界屈指の容量の揚水

式発電所が建設されてからはや数年を経ている。このポンプの完成によつて、関係の学者、技術者達は測り知れないほどの興味と自信とを大型ポンプおよびその附属器具などの計画、製作ならびに運転に関して得ることができた。

発電経営上のこの成功にもかかわらず、さらに沼沢沼式とは異なるポンプ水車兼用の可逆機の出現の要望が、建設費軽減のために叫ばれていたが、アメリカの TVA のハイワッシーダム用の巨大兼用機(揚水時 102,000 HP、発電時最大 112,000 HP) の完成に促されて、わが国にも兼用機使用発電所の建設が具体化されることになり、近く 2 万馬力近くのもものが着工されるはずである。その詳細なモデル試験はすでにきわめて好成績を得て終わっている。

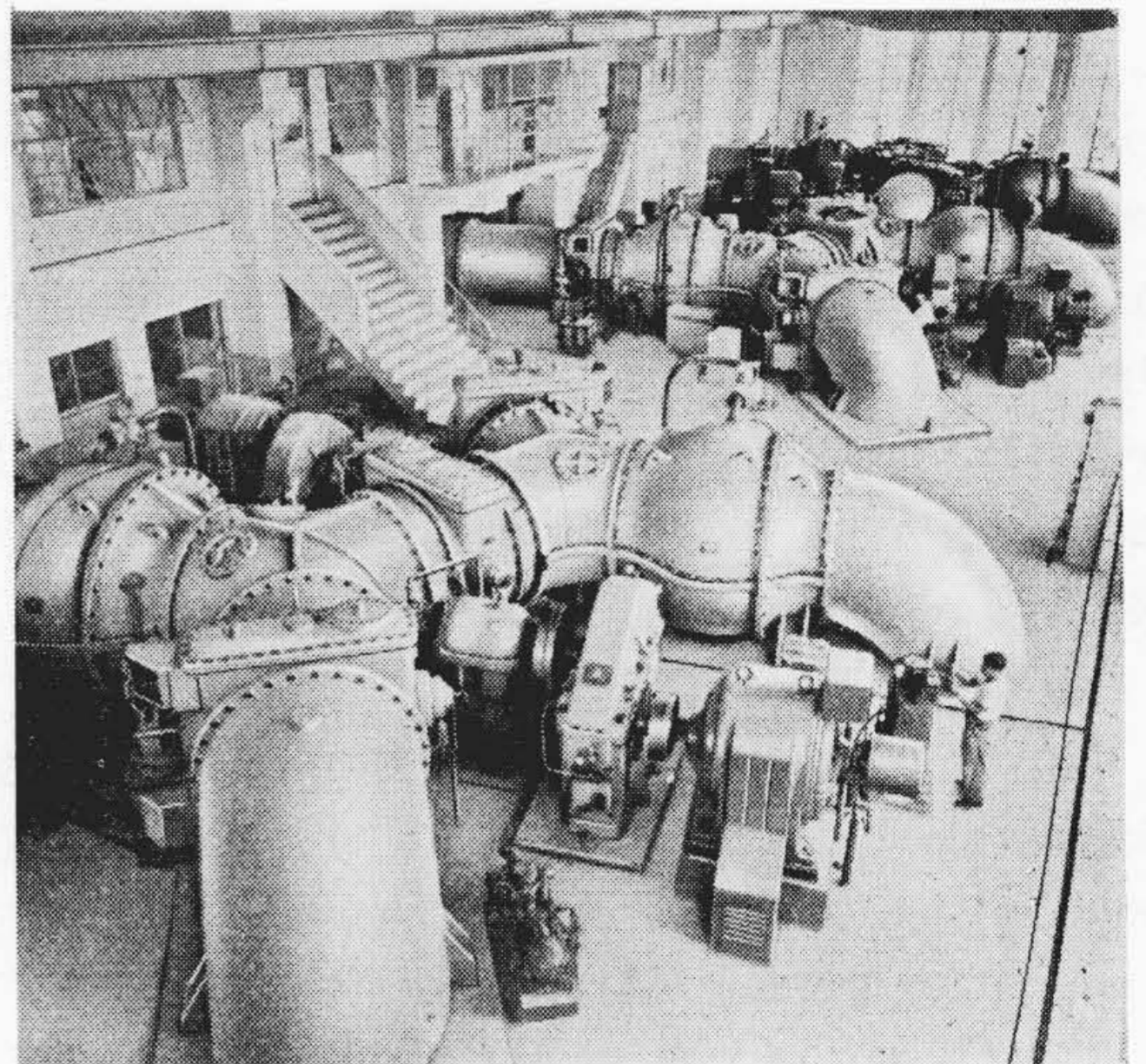
前述のように巨大出力の火力発電所が急速に多数整備されてくると、余剰電力の季節的貯蔵よりも、尖頭負荷の時間的調整の必要の方が切実になつてくる。極端な場合には、正午の休憩時間の僅かな隙をねらつて揚水することが必要にさえなる。今のままでは、可逆式兼用機でこの要求に応ずることはむずかしい。やはりポンプと水車とを別々に作つておいて、コンデンサー運転による急速切換えを数分間で行うことが解決の良方法であつて、その切換クラッチの研究が急務となつている。

(4) 農業用大型低揚程ポンプ

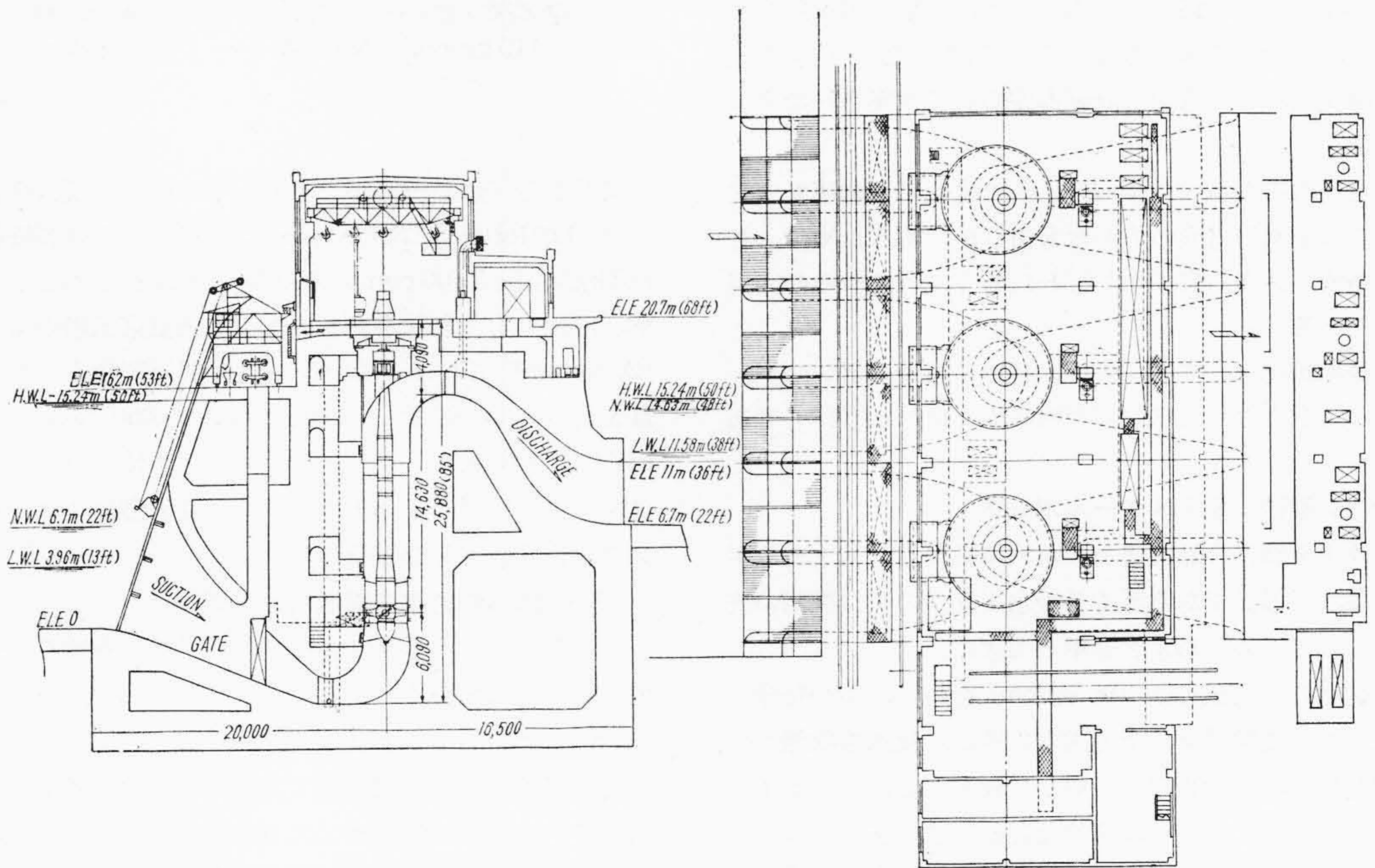
吸、吐口径が 1 m ないし 2 m 位の大型低揚程の両吸込型ポリウトポンプや斜流および軸流のプロペラポンプ

が盛んに作られて農業用として利用されている。利根川へ手賀沼干拓地から排水するために作られた 1,700 mm 斜流プロペラポンプ合計 6 台の如きはその代表的のものである。これは横軸型のもの 2 台ずつが各 1 組となつていて、その 2 台が並列または直列に自由に切換えて運転される。切換バルブには、CS バルブと名付けられた、偏心蝶形バルブと自動逆止バルブとを 1 枚のバルブが兼ねるわが国独得のものが活用されている

このポンプの据付現場の少し下流には、さらに大口径



第 5 図 農林省、手賀沼干拓事業所納 1,700 mm, 4.2 m, 400 kW 斜流プロペラポンプ



第 6 図 パキスタン政府納 2,800 mm, 8.25 m, 2,800 kW 可動羽根型縦軸軸流プロペラポンプ

の2,800 mm 堅軸傘型可動羽根軸流プロペラポンプ6台が上記のもの同様の運転状況で施設される予定であつて、すでにモデルポンプの準備も済んだ。

高揚程のボイラ給水ポンプについての輸入可否問題が賑やかに論議されているのに反し、この種の低揚程ポンプは逆に海外への輸出に万丈の気を吐いており、目下製作の進行中の大型のものには、パキスタンでガンジス河からの農業用水取水のための、羽根車直径 2,800 mm、電動機 2,800 kW の可動羽根式堅軸軸流プロペラポンプ3台がある。

なお本文のまつ先に述べたように、農業用小型ポンプの普及につれて、小中のポンプ専門メーカーでは、すぐれた小型ポンプの大量、安価製作に豊富な経験を持つようになり、一方大きなメーカーがこの方面にも積極的な力を注ぐようになって、この種類のポンプ界に一時に花が咲いたような活況を呈している。またいくつかの有力な電機メーカーもこの方面への進出を計画しており、今後の発展が楽しみである。

#### (5) 水道用ポンプ

中型以上の容量の数十メートル程度の揚程の取水、送水ポンプは、ほとんどが昔のタービンポンプから高揚程ポリウートポンプに変わつてしまつた。特に揚程の高いものには、二重ポリウート式ケーシングが使われる。

ポンプの運転中の音響の問題もやかましく吟味されるようになってきたし、キャビテーションについてもはつきりした予防対策が講ぜられるようになった。

遠距離送水の管路を持つ場合にも、水撃作用を防ぐ各種の方法が巧みに採用されるのが常識になつてきたので、海底敷設の上水道管計画も安心して立案され始まつている。

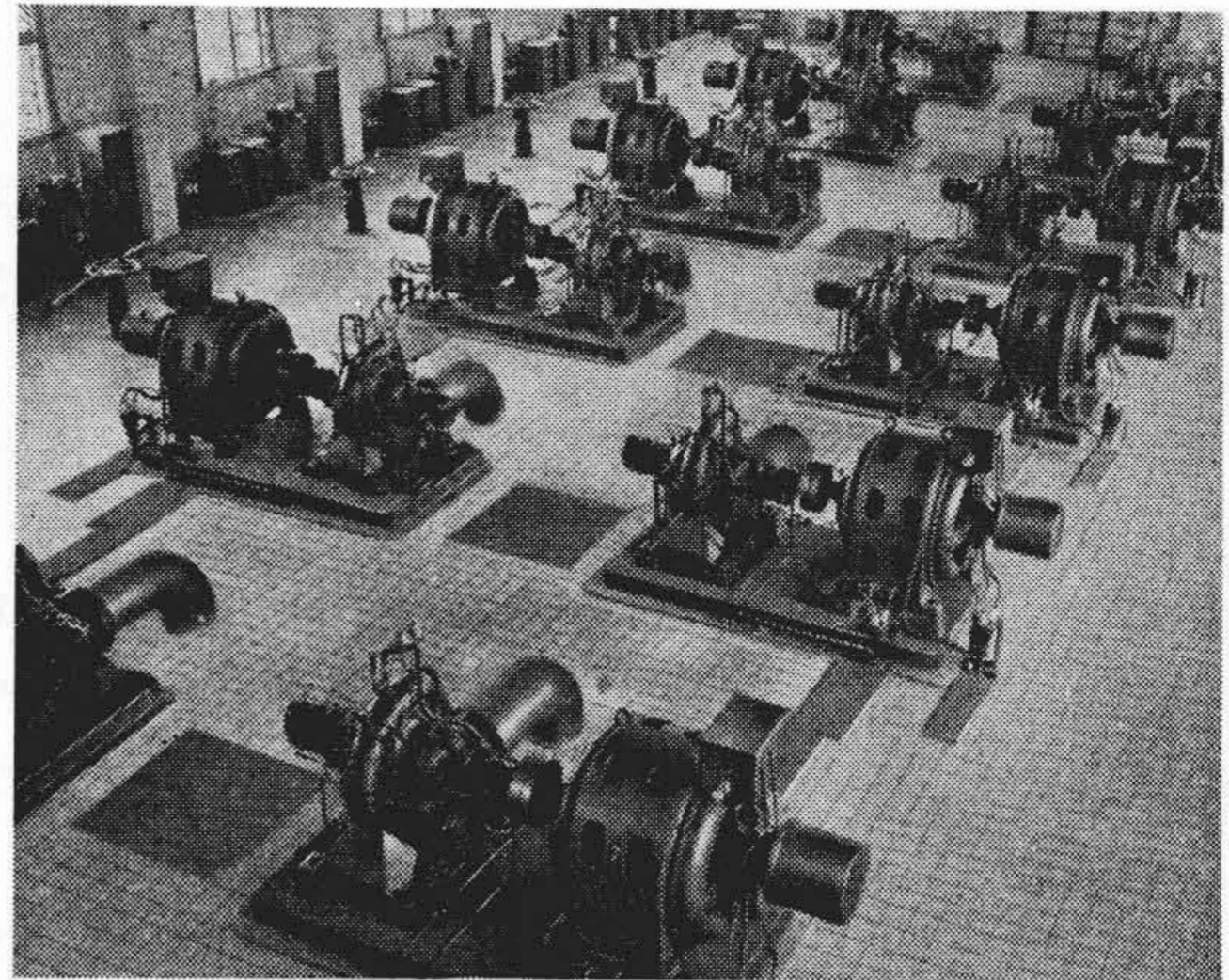
また坑内排水ポンプのところで述べた自動運転方式も、この上水道方面の方が水も清らかであるために、むしろ精密、高度の自動化が行われ易く、各地にその実現を見ている。

今後の傾向としては、大小、長短の堅軸のポンプが、取水、送水または配水の各方面に広く使われて行くであらう。

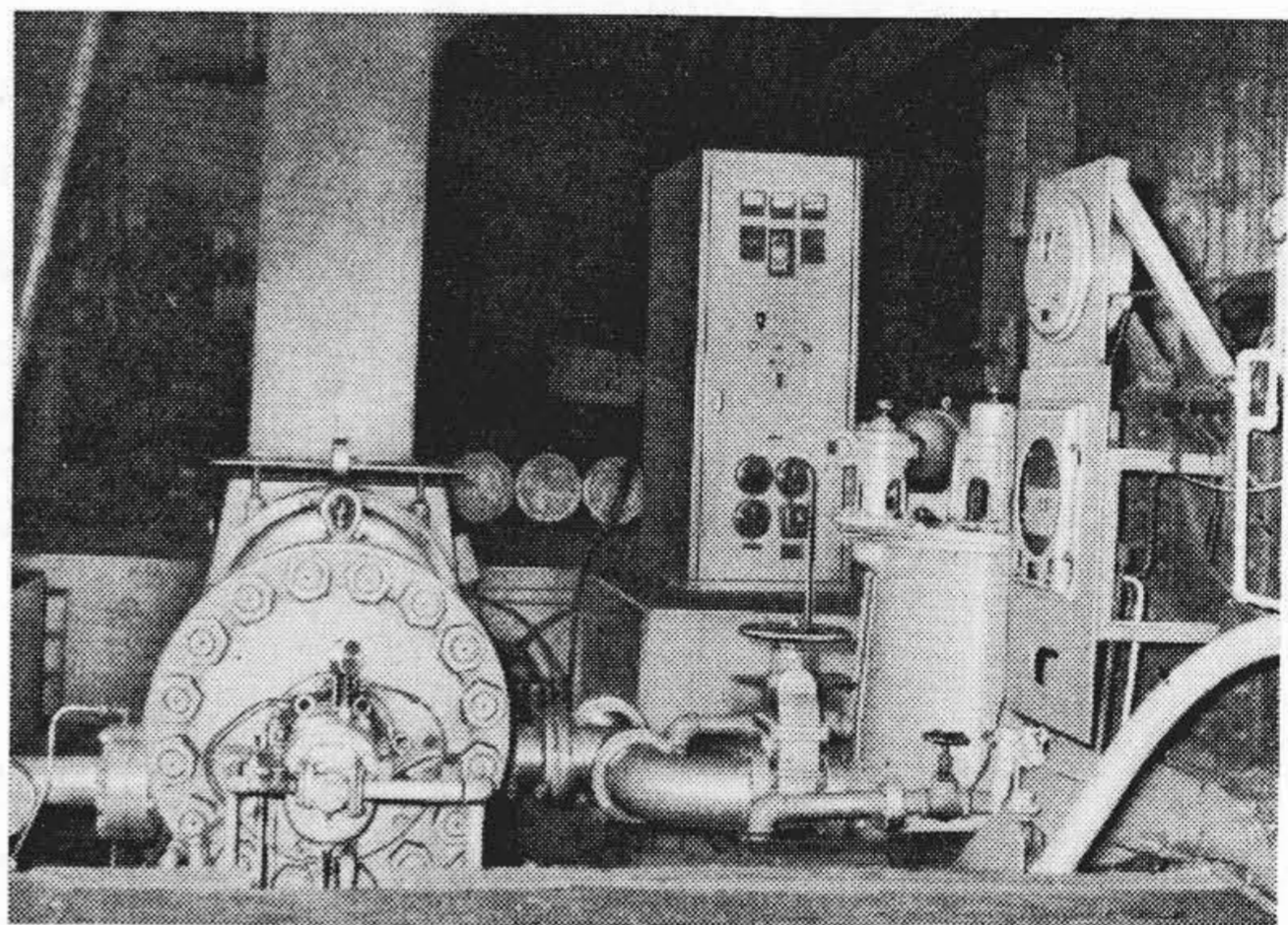
#### (6) 製鉄工場デスケールポンプ

各種圧延鋼材の品質向上のために必要なデスケールポンプは、類似品であるボイラ給水ポンプの製作技術の向上につれて、めきめきと進歩してきた。

ポンプの吐出圧力は  $100 \text{ kg/cm}^2$  を超え、かつ毎分1回以上の急激頻繁な、全力送水状態から無送水状態への負荷変動を、24時間中ぶつ通して繰り返し、しかも1年間無休止というまことに苛酷な運転方法を強いられるために、ポンプの構造、材質の選定には共に特別の吟味がされる。



第7図 大阪市水道局，柴島浄水場納  
400 mm, 55 m, 467 HP 高揚程ポリ  
ウートポンプ



第8図 富士製鉄，広畑製鉄所納  
 $110 \text{ kg/cm}^2$ , 800 kW バレル型多段ポ  
リウートポンプ

実績としては、一昨年以來運転中の富士製鉄広畑製鉄所の  $110 \text{ kg/cm}^2 \times 3,600 \text{ rpm} \times 800 \text{ kW}$ 、八幡製鉄所の  $110 \text{ kg/cm}^2 \times 3,600 \text{ rpm} \times 650 \text{ kW} \times 2$  台を始めとして中型、高圧のもの多数があり、東都製鋼東京工場のもは  $120 \text{ kg/cm}^2$  におよんでいる。なお目下製作中のものに富士製鉄室蘭製鉄所の  $110 \text{ kg/cm}^2 \times 3,000 \text{ rpm} \times 1,400 \text{ kW} \times 2$  台があり、バレルケーシング付きのセルフバランス型多段ポリウートポンプという大型デスケールポンプの決定版として期待されている。

#### (7) 固形物含有液輸送用ポンプ

固形物を含んだスラリの種類に応じて、各種のものが使いわけされている。

##### (a) セメントスラリー用サンドポンプ

これには、多年洗練されて完璧化した改良グランドレス型のウィルフレー式ポンプが最適品として、高度に自動化されたセメント製造行程中に重要な役割を完全に果たしている。最近では材質も一段と改善され、耐久力も一際

延長されている。

(b) 浚渫船用ポンプ

長い間ほとんど進歩をしなかつたポンプである。それは、専門のポンプメーカーが作らずに、造船業者あるいは鑄造業者が片手間に作る習慣になつていたからではなからうか。

最近になつてアメリカ陸軍の研究結果による高効率のものの資料や図面の入手によつて、見違えるほどのすぐれたものが作られるようになつてきた。その一例としては、昨年 NBC 製作の浚渫船に据付けられた 1,850 HP × 800mm のものが挙げられ、構造ばかりでなく、材質上から見ても今後の基準とする価値のあるものである。

しかし南米その他においては、5,000 HP 級のものがさらに作られ、8,000 HP のものさえも現われている。水面以下45mのところの浚渫をするこの装置には、60m 長さのラダーの先端に補助ポンプが取付けられているということである。わが国においても 3,000 HP のポンプに 700 HP のカッターを使う高濃度用のものが年内には完成の見込である。

ポンプを大型にするばかりでなく、濃度を高くする研究が目下の急務であつて、従来のももの最高濃度15%を2倍の30%に高めるだけでも莫大な利益が計上される。この問題については、各方面で熱心な研究が進められておる。

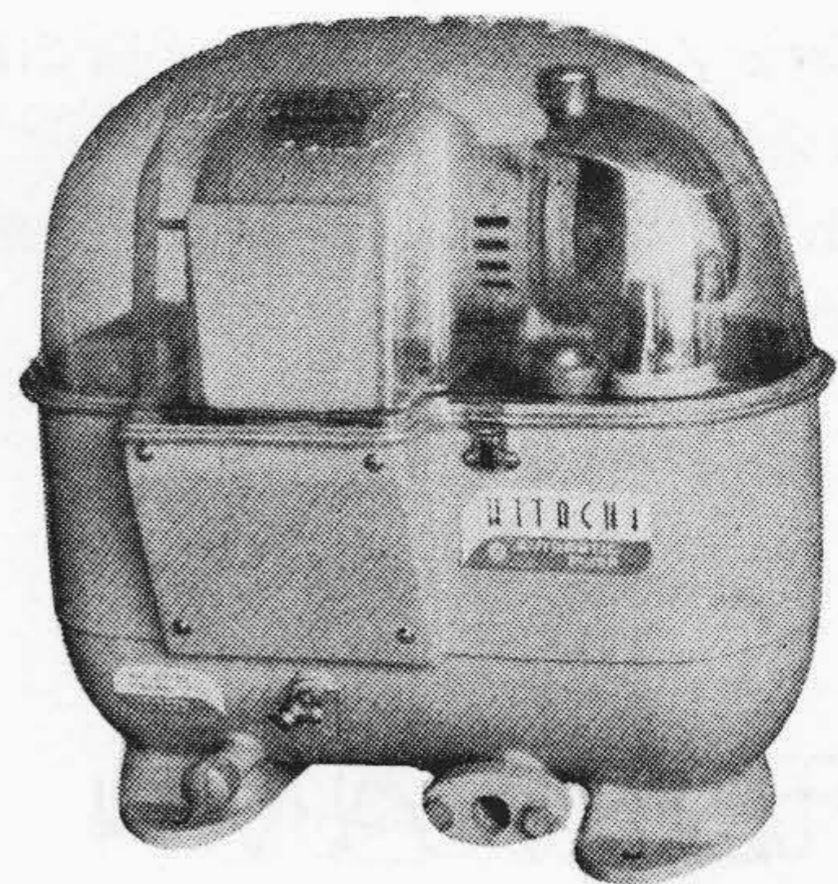
(c) ブレードレスポンプ

大型の固形物、長いせんい製品、高い濃度の砂や泥および泳いでいるままの魚類などを含んだ液を扱うのに画期的の快性能を示すこの新顔が登場して、センセーションを起こしている。このポンプを使うことによつて、各種企業の経営効率に革命が生ずる例も少なくはない程である。吸水管を通つてくるものは何物をも通過させてへこたれないこのポンプの今後の歩みこそ、われわれがいたずらに手をこまねいて見守るべきではなく、進んで誘導すべき責任のあるものである。

〔III〕 結 言

めぼしいものの展望は以上の程度で打切るが、この数年間のポンプの進歩は、構造に、材質にはた性能に特記すべきものが甚だ多いことを特に誌さねばならない。

これは、はなばなしいアメリカの現状またはそれを真似たものことには限らない。そのほかの国にも、特殊のものにいろいろ注目すべきものがある。オランダの浚渫用ポンプ、ソビエトの送炭用ポンプあるいはドイツの水中モートルポンプのようなものである。20数年前にその著書によつてわが国の鉱山用ポンプ界に大きなショックを与えたデフェルド氏を思い出すと、そのベルギーの鉱山ポンプの現状こそぜひ学びたいものと切実に望まれ



第9図 日立家庭用電気井戸ポンプ

る。

目だたないわが国の小型のポンプにも次のような進歩の跡がある。家庭用電気井戸ポンプにおびただしく使われる超小型丸巻ポンプは 200W ポンプ、100W ポンプというような小型のものさえ世界に誇り得るような良い成績を示すが、これは無限に増加する人口が、共同施設を使つての集中高能率生活の恩典に浴するよりも、国内到るところに散在しての生活においての文化生活に甘んぜざるを得ない現状のもたらした需要の増加と、強弱電機メーカーが井戸ポンプ生産にのり出したための競争の激化との結果によるわが国独自の条件によるものであろう。

なおこの10年間は、技術の練磨目標はアメリカ一辺倒であつたし、事実、ポンプに関する最高権威書として戦前に称えられたフライデラー氏のドイツ語本も、戦後の第1版はこれという新しみを感じられなかつたに反し、アメリカのステパノフ氏の新著“ポンプ”は実用価値をも兼ねての第一流と認められて、逆にドイツ語に訳されるという有様であつた。しかし、ごく最近になつて、ドイツ語の雑誌の記事の中や単行本の中に、これほど感嘆する珠玉の数々が散見されるようになつてきた。この影響はわれわれの周囲にも現われて、アメリカ風でない夜も明けない体のボイラ給水ポンプ界に、通産省の助成金を得て、ドイツ式の簡単な構造の輪切多段露出式の超高圧ボイラ給水ポンプの試作も行われている。

しかしわれわれのやり方にはつぎのようなおかしなところが大いにある。本文中に述べたように、斜流プロペラポンプは今や低揚程ポンプ界の花形として活躍しているが、筆者がフライデラー氏の設計論文をたよりにして、昭和14年以降終戦までに口径 900mm までのこの型のポンプを数十台作つてそれぞれの用途に役立てたのにもかかわらず、戦後国内で広く作り始めたのは、アメリカでこのポンプが盛んに使われ始めたのがわかつた昭和28年この方になつてからである。したがつてドイツ方面に比べると、このポンプにもかなりの立遅れができてい。つぎに近頃アメリカで、軸流プロペラポンプの揚程を高めるための吸込側補助羽根車すなわちインジュウサ

一の研究が始まつてきたが、これはわが国では九大の葛西教授が10余年前にモデルで見事に成功していたものの、われわれメーカーの技術者が実地応用の熱意を持たなかつたものと同じ考えのものである。

われわれは、このような愚かなことを繰り返さないように、知識、技術の集大成と実際応用とは、偏らない気持で積極性を持ちたいものである。

製品紹介

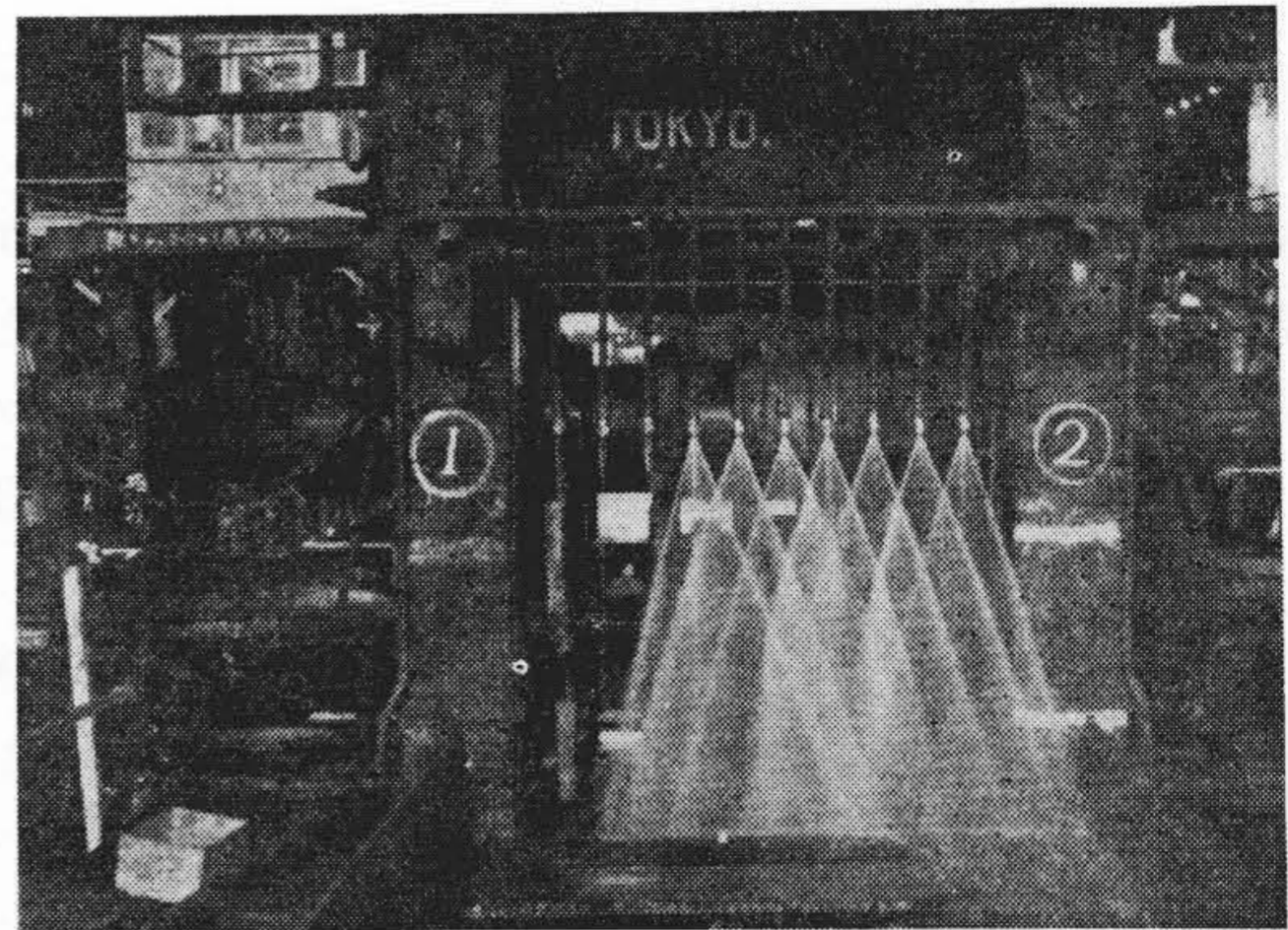
最近のデスクーリングポンプ

製鉄所において、鋼板を圧延中に、その表面に生成されるスケールを除去するため高圧水をノズルから吹きつけることは、最近の常識となつていて、鋼板の商品価値を著しく高めるといわれている。この高圧水を供給するのがデスクーリングポンプである。

このポンプは、

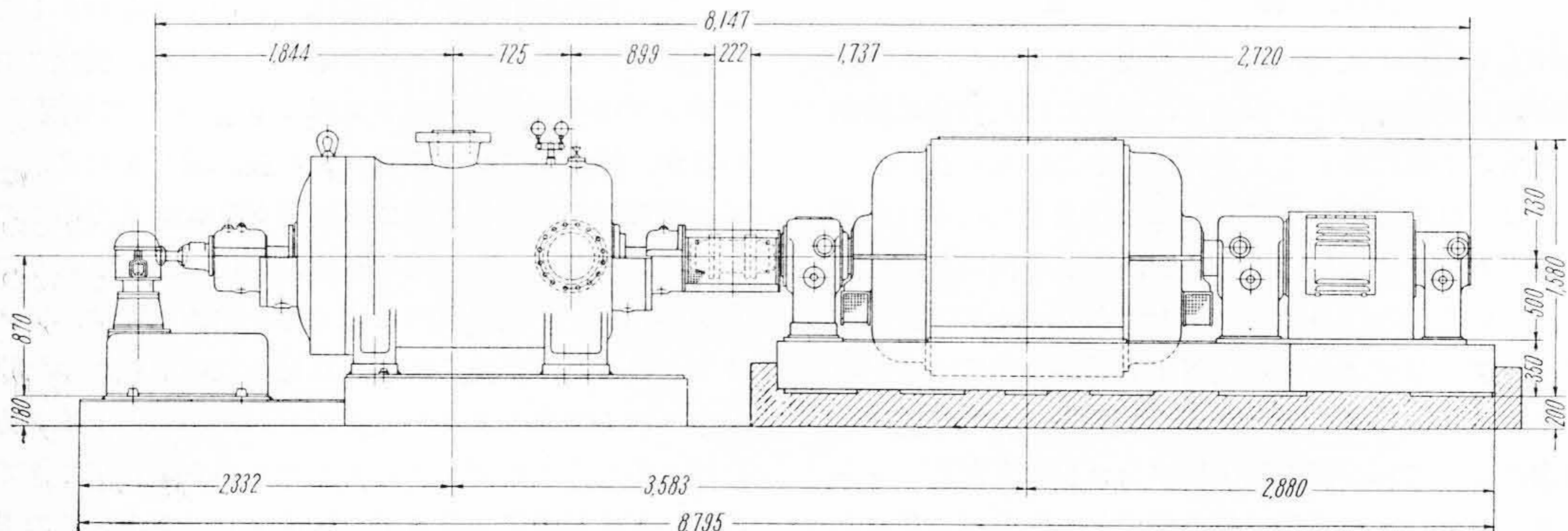
- (1) 吐出圧力が 100 kg/cm<sup>2</sup>g 以上にも達する。
- (2) 軸動力は、1,000 乃至 2,000HP に達する。
- (3) 高い効率が要求される。
- (4) 吐出量がほとんど零から最大水量に至る全範囲にわたつて変化するので、全吐出量にわたる安定性能が必要である。
- (5) 通常2極の電動機で直結運転され、ポンプの回転数は、3,000 ないし 3,600 rpm の高速である。

などの点で、その設計製作のむづかしさは、大火力発電所のボイラ給水ポンプに比肩しうるものである。さらに、ノズル遮断弁の開閉により、吐出量が1分間1回という頻度で変化し、ポンプおよび駆動電動機にはげしい負荷変



第1図 ノズルからの噴射状況

動を与えるため、この方面の考慮も払わねばならない。日立製作所では、早くからこのポンプの研究を続けてをり、多くの実績をもつているが、とくに最近完成した富士製鉄株式会社室蘭製鉄所納のデスクーリングポンプは、吐出圧力 105.5kg/cm<sup>2</sup>g (1,500 psi), 吐出量 5.7m<sup>3</sup>/min (1,500 gpm), 回転数 2,970 rpm, 電動機出力 1,400 kW で国内に設けられたデスクーリングポンプとして最大容量のものである。第1図にこのポンプを使つてノズルから高圧水が噴射している状況を第2図にポンプの外観を示す。



第2図 1,400 kW デスクーリングポンプ