

手賀沼干拓用大型排水機設備

Drainage Equipment for Lake Tega Reclamation Project

江角祥蔵* 矢島光吉**

内 容 梗 概

農林省印旛沼手賀沼干拓建設事業所手賀排水機場のポンプ設備が31年10月稼働を開始した。このポンプ設備は、周辺既耕地の水害を防除するとともに、この地域の用水改良を行ない完全なる二毛作田たらしめ、さらに沼内に600町歩の干拓を行ない年間約30,000石の増収をはかるものである。

また印旛沼の排水にあたっては、利根川の水位の変動がいちじるしく、ポンプの実揚程は最小0から最大9mのあいだで変化するため、2台ずつ1組計6台3組の直並列切換式の設備が採用され、運転容易、高効率、高信頼度など、その特色とともに今後の大型排水機場のモデルとなるもので、ここにその概要をのべる。

〔I〕 緒 言

近年農地改良事業の進展にともない排水・干拓事業の規模は非常に大きくなり、これに要するポンプの容量もますます大きくなる傾向にある。このように大規模な計画ではポンプそのものの設計・製作に新しい配慮が必要となることは勿論であるが、機場全体としての経済性およびその運転管理においても従来問題としなかつた点をも問題とせねばならぬので中・小型機場とはまったく異つた構想をもつて計画をたてねばならない。今回完成した農林省印旛沼手賀沼干拓建設事業の一環である手賀機場はこの意味でまったく画期的な排水機場でポンプ運転揚程の広範囲なこと、運転の容易なこと、信頼度の高いこと、機場効率のよいことなどその特色は今後の大型排水機場のモデルとなるものと考えられるのでここに紹介する。

〔II〕 排 水 計 画

(1) 手賀沼の状況

手賀沼は千葉県の西北端を流れる利根川に沿う細長い沼で、関係地域は柏市、印旛郡、東葛飾郡の1市2郡10町村にまたがっている。

沼は利根川本流の洪水時における流入土砂の堆積と流域河川よりの崩壊土砂の流入により、現在は平水時平均水深1.2m前後、水面積1,170町歩の浅い沼になつている。とくに利根川への排水口に近い干拓予定地附近は利根川洪水の堆積関係からとくに浅く水深80cm前後である。流域16,220町歩よりの流入水は唯一の排水路たる手賀落堀により利根川へ自然排水されるために利根川の水位が上昇すれば排水樋門がただちに閉鎖され、まったく排水不能に陥りときにはこれが数十日も続き沼水位の上昇が3m前後にもおよび周辺耕地1,735町歩が水没し収穫皆無の憂目をみたこともある。これがため周辺農

民は父祖300年来治水事業を志してきたが、いまだその夢を実現しえなかつたのである。

計画は、平水時は樋門により利根川に自然排水を行ない洪水時は排水機のみによつて全流入水を利根川に排除し、周辺既耕地の水害を防除するとともにこの地域の用水改良を行ない完全なる二毛作田たらしめ、さらに沼内に600町歩(内国営施工500町歩)の干拓を行ない、年間約3万石(米換算)の増収をはからんとするものである。

(2) 排水機の揚程変化とその対策

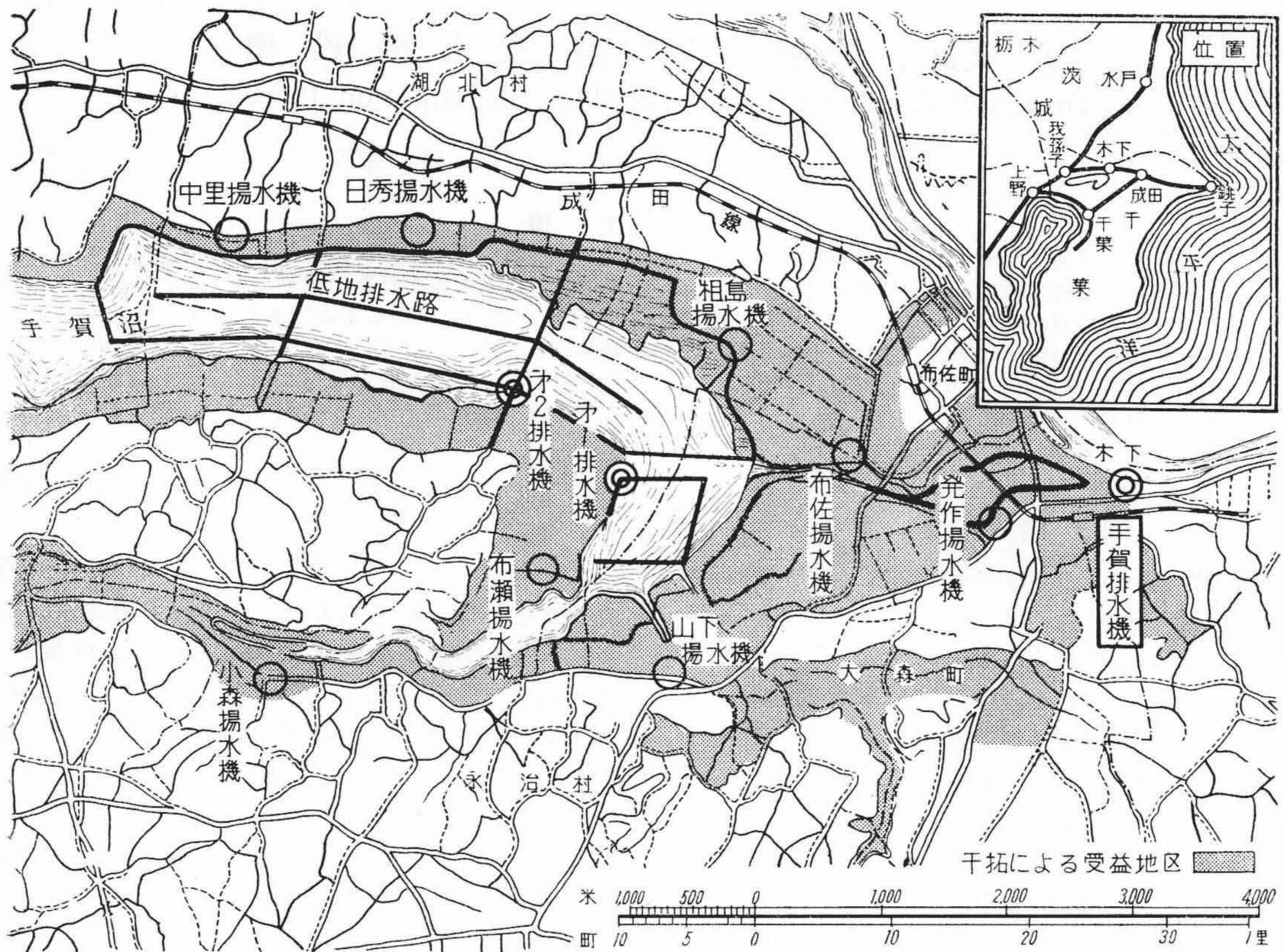
計画においてもつとも重要にして検討を要する点は利根川に対する手賀排水機計画である。

灌漑用揚水機のごとく揚程の変化がきわめて少ない場合には、常に計画揚程付近で運転することができなから問題はないが、利根川の水位は洪水初期においては内水と同位であるが、最高では8m前後に上昇し、4m前後の上昇は相当長時間連続している。このように水位差が0から8m前後も変化する場合、どのようなポンプをえらび揚程をどこに取るか、運転方法をいかにするかは、施設費において、将来の経常費においてきわめて重要な問題である。すなわち最高水位を計画揚程に選ばばもつとも安全であるが所要馬力が増大するとともに施設費が割高になることは勿論、大多数の運転時間は効率の非常に悪い点で運転することになり、経常費が増加し、さらには高揚程のポンプを排水初期または末期のごく低揚程で長時間運転することはキャピテーション現象を起しやすく機械に非常な無理を強いることとなり、有害かつ不経済である。これに反し経済面を考慮して頻度の高い普通洪水位に揚程を合せると高水位時に効率の非常に悪い処で運転するか、はなはだしき場合には一時運転中止のやむなきにいたり、耕作者に対して大なる不安と焦慮の念をあたえることとなる。これらの点を幾分にて解決するため、本計画では中等水位以下にては併列運転、高水位時には2台を1組とする直列運転を採用することにした。

直併列運転の方法として、機械そのものの構造を改良

* 農林省印旛沼手賀沼干拓建設事業所長

** 日立製作所亀有工場



第1図 手賀沼排水機場附近地形図
Fig. 1. Topographical Diagram of the Neighboring Area of the Teganuma Pumping Station

する方法すなわち2個のポンプの最初のポンプの吐出管を、つぎのポンプの呑口側に短管で連絡しバルブの切換によつて第二のポンプに押込揚程をあたえる方法と、土木構造の工夫による方法、すなわち最初のポンプの吐出管に分岐管をつけて、つぎのポンプの呑口タンクに圧力を加えられた水を送り、その水圧を下げない方法、の2方法が考えられるが、本計画では第2図のごときポンプ配置をとることにより前者が有利であるとの結論となつた。

機種としては近時中揚程ポンプとして斜流ポンプの技術がすすみかつその特性が後述のごとく本計画に適合しているので、これを採択することになつた。

(3) 排水機計画容量の決定

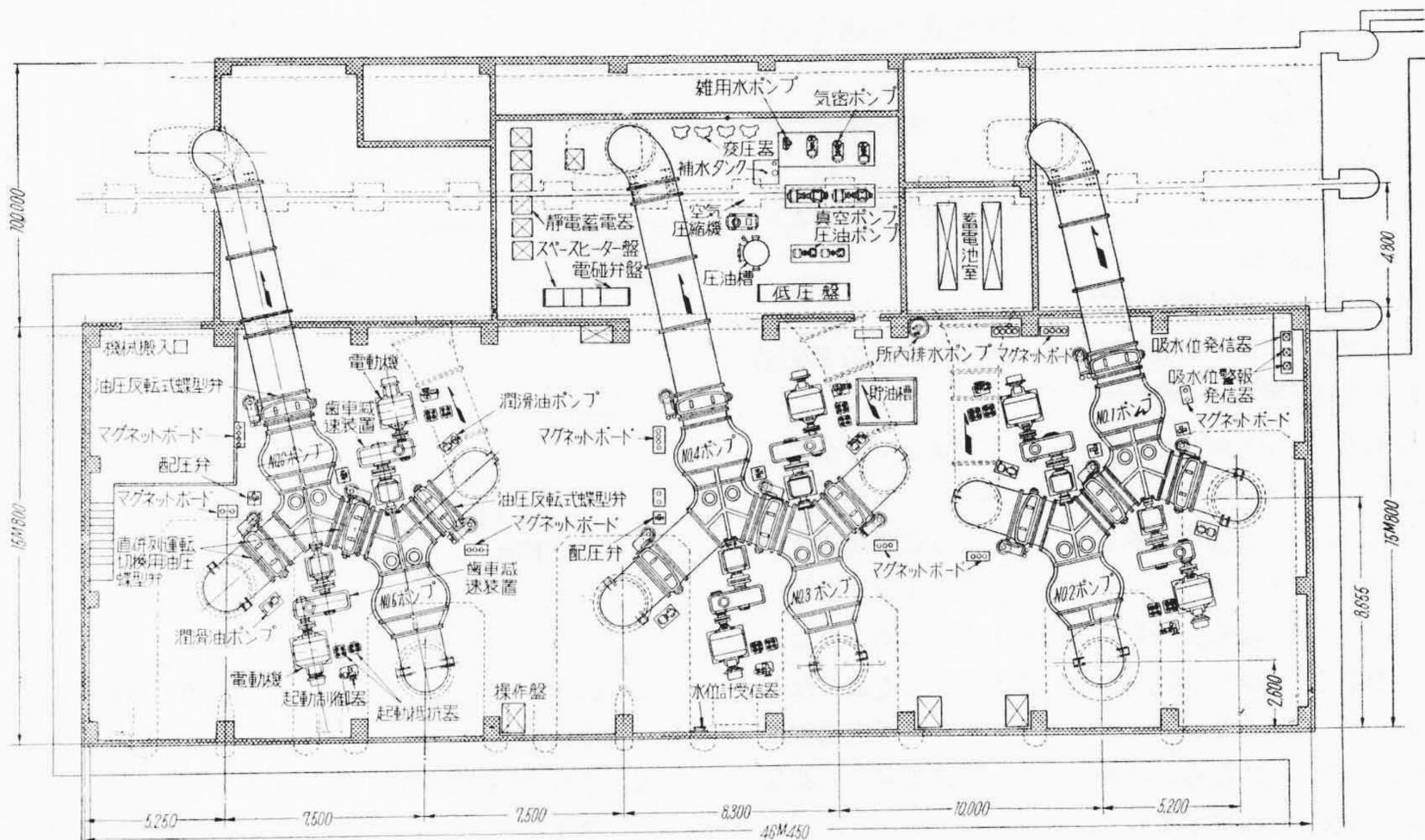
過去50年間にわたる利根川洪水ならびにこれに対する手賀沼水位の実測値より、干拓造成後の各雨量に対する流入量が推算されるので、この実績と排水機までの導水路の能力、残存水域への湛水深などを考慮してポンプは6台としその計画全揚程を4.2m またその吐出量を1台400 m³/min と定めた。

〔III〕 ポンプ設備

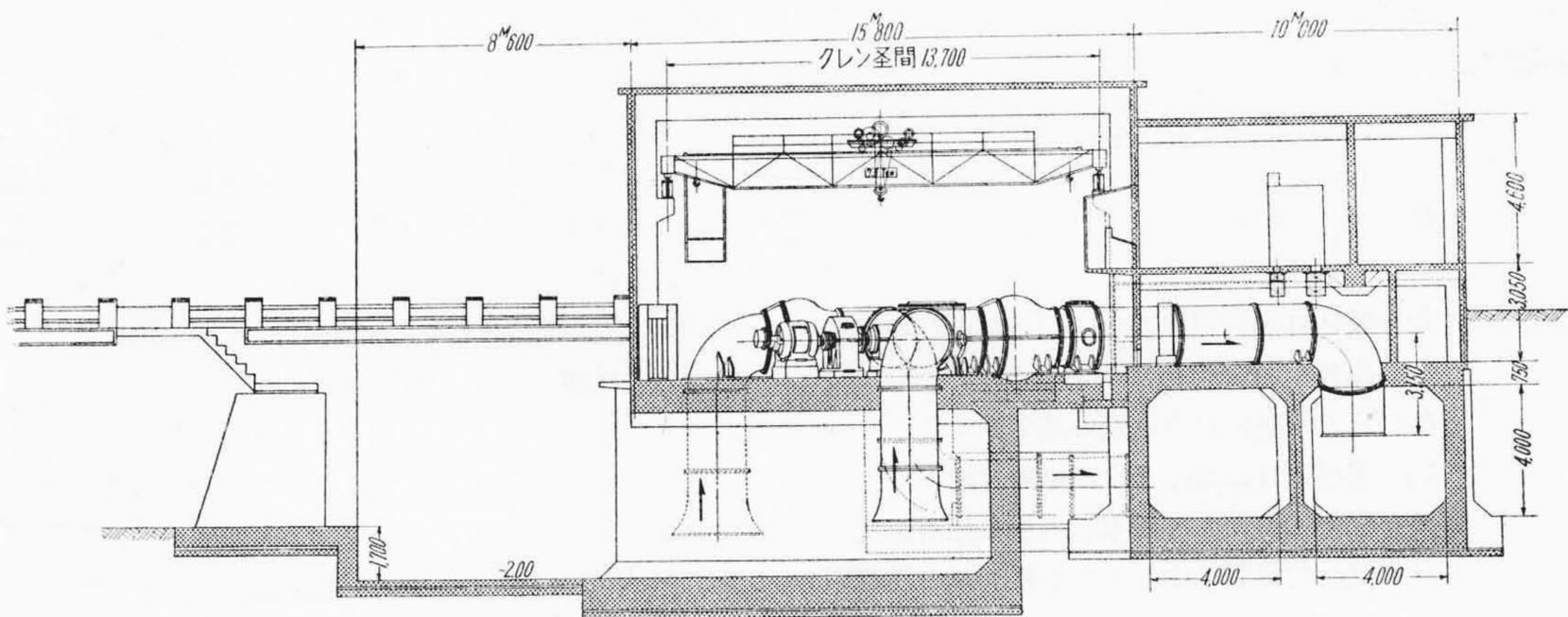
排水ポンプの設計は吸込水位・吐出水位・それに対する揚水量・ポンプ据付床の高さなどの条件を基としてすすめられるものである。手賀機場ではそれらは下記の通りであつた。

吸込水位 (計画上の)	Y.P.+1.00 m
	ただし Y.P. 0 mは 霊岸島平均潮位
吐出水位 (既往最高)	Y.P.+10.5 m
計画総揚程	4.2 m
機場床高	Y.P. 4.2 m
計画吐出量	400 m ³ /min

前述のごとく吐出最高水位が高いので平常はポンプを1段で運転し水位が上昇した場合には2台のポンプを直列に連結して排水するいわゆる直並列切換式が採用された。排水ポンプのこのような切換運転については前例もあるが種々欠点もあるので今回は第2図のごとき配置を考案した。この方法によれば次の利点がある。

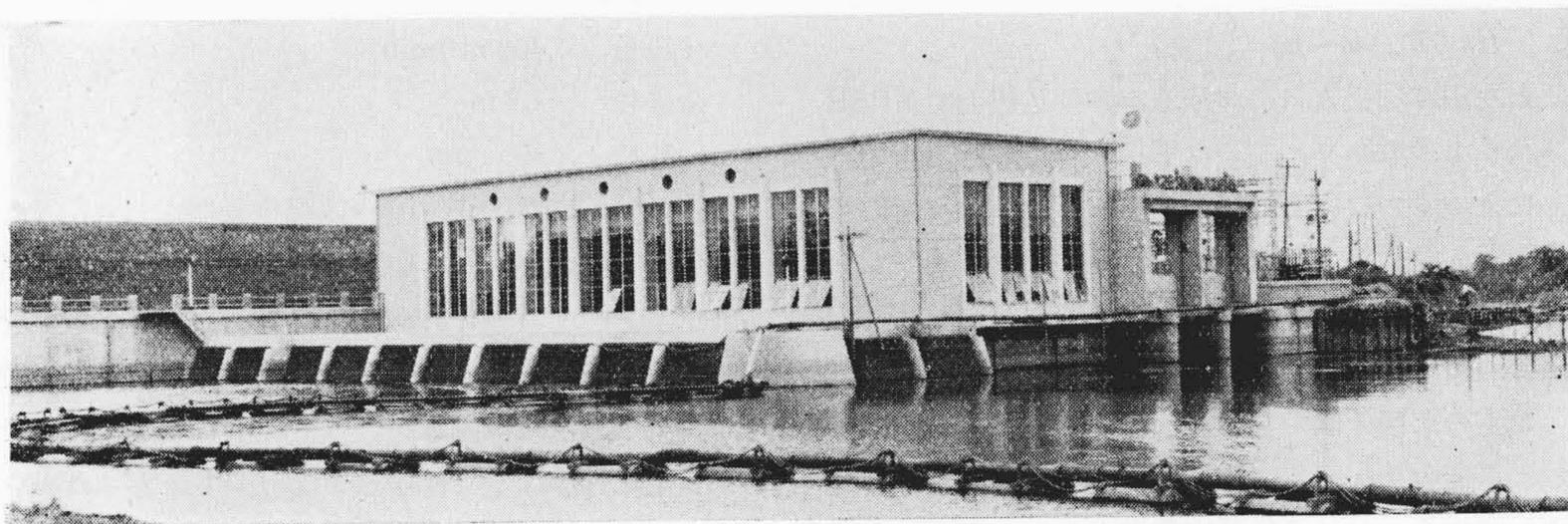


(a)



(b)

第2図 手賀排水機場据付図 Fig. 2. Plan and Elevation of Tega Drainage Plant



第3図 農林省手賀排水機場外観 Fig. 3. Tega Drainage Station of the Ministry of Agriculture and Forestry

(1) 据付床面積がせまいので機場建物を小さくできる。

(2) 全体として水路の屈曲が少ないので損失および乱れを減少することができる。

(3) すべての弁が床上でしかも同一高さにあるため操作および保守が便利である。

(1) 主ポンプ仕様の決定

吐出量からポンプ口径を 1,700 mm と決定すると羽根車入口の最上端(ポンプ中でもつとも水圧の低いところ)は吸水水位から 5.2 m の高さになる。4.2 m という全揚程は軸流ポンプ・斜流ポンプあるいはポリュートポンプのいずれにも適した揚程であるが、このように吸込揚程の高いポンプではキャビテーションの制限がポンプ仕様決定の第一要素となる。一般の排水機と同様本ポンプは吐出側利根川の水位が手賀沼の水位より少しでも高くなれば運転せねばならないので、ポンプ運転の最低実揚程は 0 m ということになる。その場合ポンプは規定より非常に多くの水量を吐出するので吸水管の損失が増し、羽根と水の相対速度も増しかつ羽根の入口角度が妥当でなくなるためキャビテーション発生の危険は増加する。その関係は次式で示される。

$$H_a + h_s = h_l + h_v + \frac{C_1^2}{2g} + \lambda \frac{w_1^2}{2g}$$

ただし H_a = 大気圧

h_s = 吸込実揚程 (大気圧以下のときは - となる)

h_l = 吸込口から羽根入口に到るあいだの損失揚程

h_v = その水温における水の蒸気圧

C_1 = 羽根入口における水の絶対速度

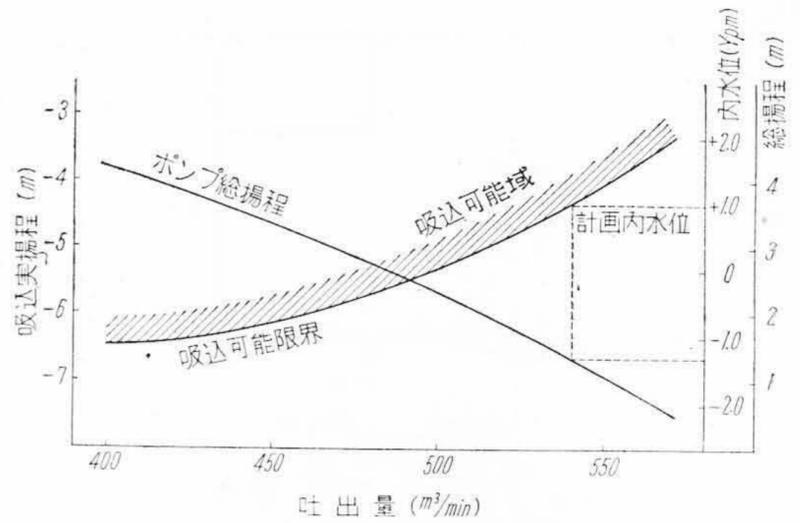
w_1 = 羽根入口における水と羽根の相対速度

λ = 実験的係数で主として羽根入口の衝撃損失に関係し、一つの羽根車では吐出水量によつて変化する。

上式を整理して

$$H_a + h_s - h_l - h_v = \frac{C_1^2}{2g} + \lambda \frac{w_1^2}{2g}$$

とすると左辺は羽根入口における有効押込圧力で NPSH と称されるものであり、右辺は羽根入口における圧力降下をあたえるものである。等号はキャビテーションの起る限界を示し左辺が右辺より大きければキャビテーションは起らない。前記 3 種のポンプのうち斜流ポンプを採用するとしてこの式に実際の数字を入れ吐出量に対して整理したものが第 4 図である。図中斜線で示す範囲は計算された可能吸込実揚程 (h_s) の範囲を示す。左端の縦軸はポンプ中心における吸込実揚程をとつてあるのでポンプの据付高さがきまれば、右から 2 番目の縦軸のように吸込水位に置きかえることができる。また右端の縦軸



第 4 図 吸込性能曲線
Fig. 4. Chart of Allowable Suction Head

のようにポンプ全揚程をとれば水量に対しポンプの全揚程を図中に記入することができる。さて前に述べた条件で吸込水位は Y.P.+1 m ということがあたえられているが、第 4 図によりそれはポンプ中心の吸込揚程としては -4.35 m に相当し、その吸込揚程ではポンプは 1.35 m の全揚程において 540 m³/min の吐出量であることがわかる。すなわちこのポンプは吸込水位 Y.P. 1 m において全揚程 1.35 m までキャビテーションを起すことなく運転できることになる。べつに管路全体の損失揚程は流量 540 m³/min では 1.35 m になることが計算されるから、結局このポンプではあたえられた吸込水位で実揚程 0 m まで安全に運転でき計画の要求を満足することになる。軸流ポンプではこの吸込性能はえられないがもしポリュートポンプを使えば吸込可能域をさらにひろげることができる。しかし斜流ポンプの方が形態が小さく全体として経済的にできるので結局前記の検討から主ポンプの仕様は次のごとく決定された。

主ポンプ仕様

型式.....横軸歯車掛電動斜流ポンプ

口径.....1,700 mm

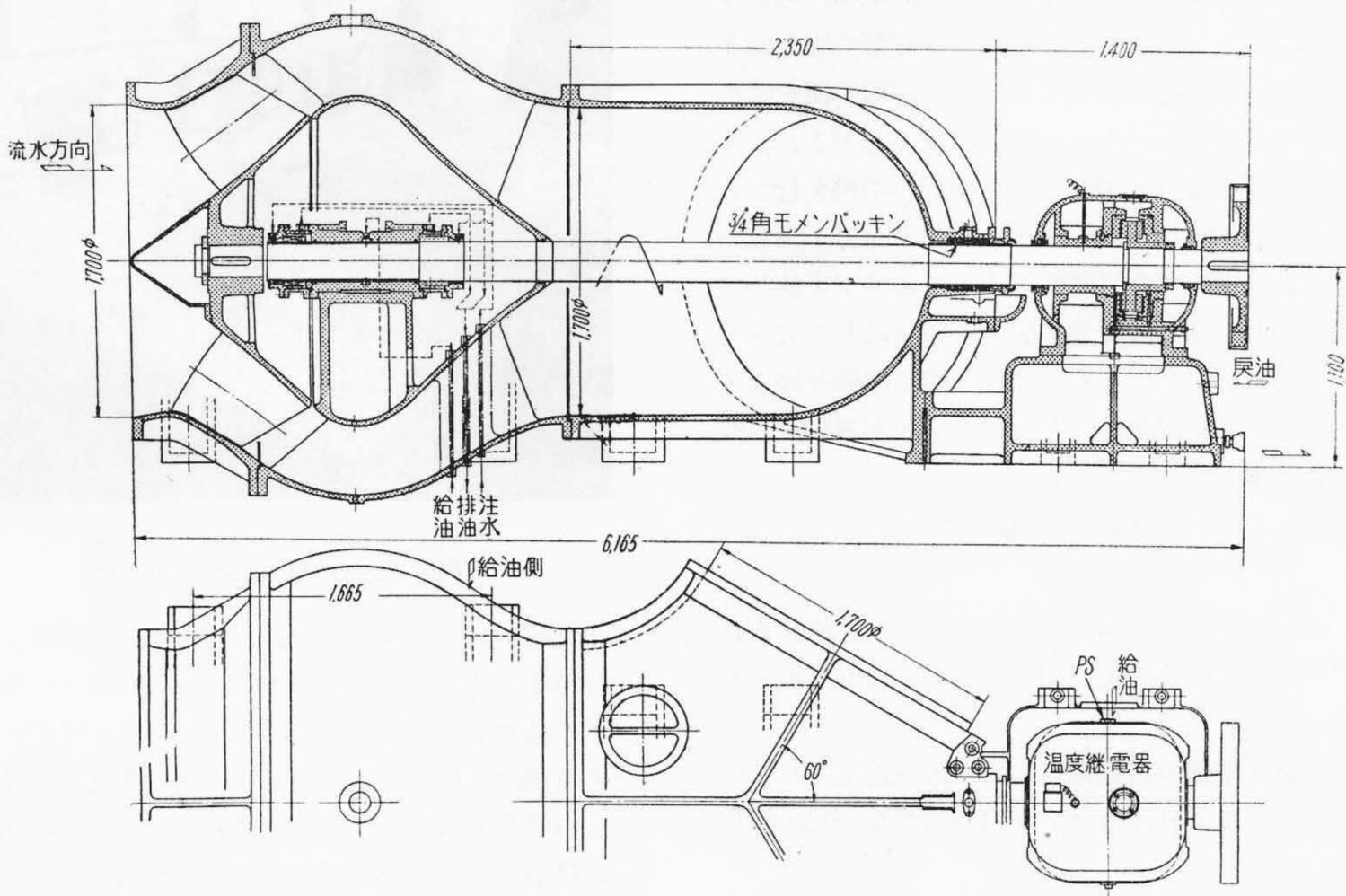
吐出量.....400 m³/min

全揚程.....4.2 m

回転数.....135 rpm

原動機.....400 kW 10 極誘導電動機

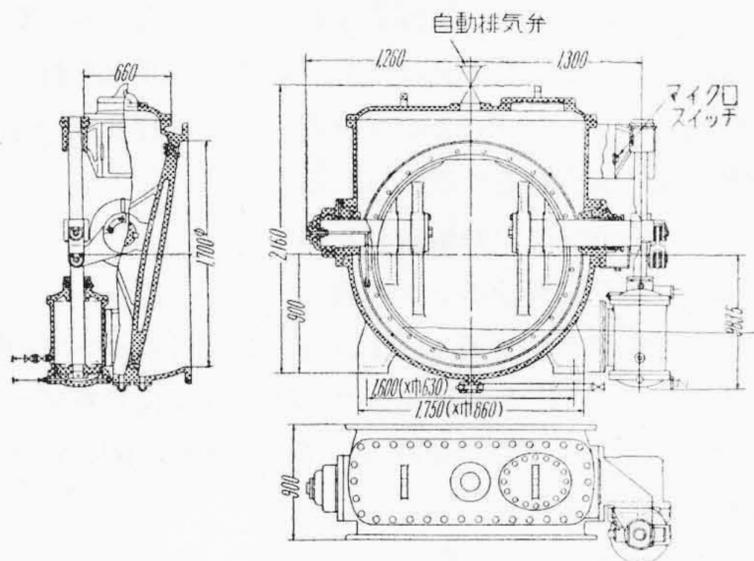
さらに実際の製作にさいしては後述のモデルポンプの結果を参考にキャビテーション性能よく、しかも弁をメ切つて運転しても過負荷せぬような特殊な羽根車を設計した。また洪水時に泥水を汲み上げることも多いので構造上水中軸受にはとくに注意をはらつてメカニカルシール使用による潤滑油循環式としたほかに清水で軸受を封水することにより保護する特殊な処置をとつた (第 5 図参照)。



第5図 ポンプ本体断面図 Fig. 5. Sectional View of the Pump

(2) 弁の構造

このようなポンプでは逆流防止弁と蝶形弁あるいはスルース弁が附属するのが普通である。この機場では弁が気密を保つ必要があるので本来ならばスルース弁を使用すべきところであるが、スルース弁は形が大きく背が高いため機場の見透しを害するし機場建物が高くなり、また操作の圧油の量が多いなどの経済的欠点がある。また機場計画上吐出管端はコンクリートの暗渠のなかにあるので逆流防止弁を吐出管端につけると保守上困難を生じる。以上の欠点を除くため油圧操作の反転式蝶形弁を採用した。これは第6図のごとく蝶形弁に似た形をしているが、弁軸が弁板に対しわずかに離心しているため正流では水圧により開き逆流では同じく閉まる逆流防止性をもっている。また蝶形弁と異なり弁座を弁軸が貫通していないので容易に気密構造とすることができる。実際の設計では弁開閉用油圧シリンダにより弁板を開閉するほかに油圧シリンダのピストンの上下を連通させることにより弁板の拘束をとき水流によつて開閉できるようにし、さらにそのシリンダをダッシュポットとして働かせて逆流による閉弁時の衝撃を緩和することとした。また弁板の周囲には合成ゴム製の管を埋めて閉弁時に管内に水圧をかけてふくらまし弁の気密を保つようにしてある。なお1・2段目ポンプのあいだの弁と2段目ポンプの吸込側の弁は水流による開閉を要しないので、簡単な構造となっている。



第6図 反転式蝶形弁断面図 Fig. 6. Sectional View of Main Valve

(3) そのほかの補助装置

油圧装置は弁の開閉をつかさどる。圧油ギヤポンプは5HP2台が一つの圧油槽に附属し、圧力リレーにより常に自動的に圧力を5~7 kg/cm²の間に保つ。さらに圧油槽に空気を補給するための自動空気圧縮機が附属している。圧油タンクの容量は停電時においても最低規定圧力で自己の保有する油により全部の弁を閉鎖することができる。なお、真空ポンプ、給水ポンプ、ビルジポンプなどの補助ポンプのほかに水位計および据付分解用の7.5tの電動天井クレーンを有している。

(4) 操縦装置および保安装置

本機場はポンプ室だけで幅 16 m, 長さ 46 m という広いもので, しかもポンプの直並列切換運転の場合は4個の大型弁を操作せねばならないので運転の便をはかり, 完全なワンマンコントロールを行うこととした。すなわち1人の運転者で起動停止, 直並列の切換を行うことができる。この方法は運転には便利であるが少数の運転者が多数のポンプを常時監視することは不可能なので, 今回行ったように故障発見装置を完全にして大事にいたる前に処置をとり, あるいは自動的に機械を停止するなどの保護装置を置かねばならない。以下運転法, 監視法について述べる。

運転に先立つてポンプ室隣の補機室で下記準備操作を行う。

(1) ギャーポンプを起動して圧油タンクに油を入れる。ギャーポンプはその後圧力スイッチで自動運転される。

(2) 空気圧縮機の自動運転により常時貯えられている空気槽の空気により圧油タンク内の油面を一定に調節する。

(3) 給水ポンプを起動する。

準備が終ればポンプ室に入り運転するポンプの操作盤上の切換ハンドルを一度操作すれば所定の起動操作が自動的に行われる。たとえば1号ポンプ単独運転を行うには切換ハンドルを **P₁** という位置に回して押せばつぎの一連の動作が自動的に進められる。

(1) 給水管の主幹電磁弁を開く。

(2) 軸受潤滑油ポンプ起動。

(3) 吐出弁を閉鎖し, 1段目と2段目のポンプの間の切換弁を閉じ, 2段目ポンプの吸込側切換弁を開く。

(4) 閉った弁には弁座に気密水を送り, 開いた弁の気密水は排出する。

(5) 真空ポンプ起動。

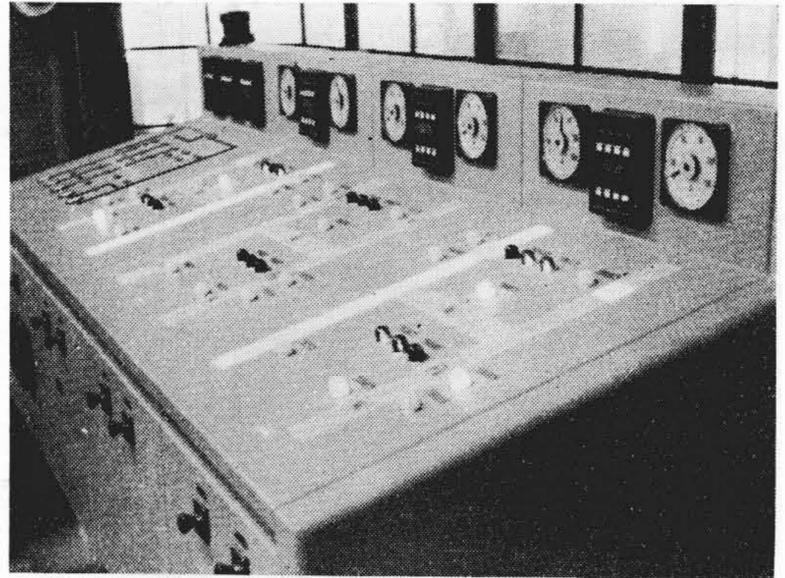
(6) 主ポンプの吸気弁を開く。

(7) 主ポンプが満水完了すれば主電動機を起動する。起動抵抗器の操作および起動完了後の短絡操作が行われる。

(8) 主電動機の起動完了すれば吸気弁を閉じ, 真空ポンプを停止する。

(9) 主電動機が全速に近づくころ吐出弁は拘束をとかれポンプの水圧により開きポンプは正常運転に入る。

主ポンプを停止するには運転切換開閉器のハンドルを **停** に戻して押せば停止に関するすべての操作が自動的に行われる。このほかに監視盤のところに非常停止ハンドルが備えられており, 緊急停止を要する事故を発見したときはその位置でハンドルを引けばポンプは停止する。



第7図 監視盤
Fig. 7. Supervisory Board

2台のポンプを同時に起動する, 並列で運転している2台のポンプを直列に切換える, あるいはその逆などすべての必要な動作は切換開閉器を一度動かすだけでまったく自動的に行われる。前記各段階の進行状況は操作盤上部の照光表示盤に示され最終的のポンプ運転状況は中央のH型をした模擬照光水路に示される。

ポンプ運転中は運転者は階上監視室の監視盤の前で運転状態を監視することになる。監視盤は第7図に示すもので盤面のH形をした照光盤には直列, 並列などのポンプの運転状態が操作盤上と同時にランプで表示されるほか, 事故の表示器, 非常停止ハンドル, 補機運転状態の表示器などがつけてある。事故もその種類により緊急のものはベルで警報するとともに主機を自動停止し, それ以外の事故はブザーで警報し集合表示器に事故内容を示す。また内外水位差が変動して直並列の切換を必要とするときにはブザーがなり表示するようになってい。これらの自動運転の操作電源は蓄電池による直流電源によるので停電時にも異常なく操作が行われる。

[IV] モデル試験

(1) モデルポンプの仕様

モデルポンプは1段目型および2段目型2種類を製作し単独のそれぞれの性能, 直列にした場合の性能および1段目ポンプにつきキャビテーション性能を調査した。モデルポンプは口径300mmであつて, 羽根車の正確な寸法比は $\frac{1}{5.24}$ である。キャビテーション観測上実物となるべく近い状態をだすためにモデルポンプには実物とほぼ同一の揚程をあたえることとした。モデルポンプの当初の計画では主ポンプの N_s を 820, モデル比を 5.7, 揚程を実物とひとしく 4.2 m としたのでモデルポンプの回転数は 688 rpm となつた。しかし実際はモデルポンプの羽根の設計を種々変更し, さらにその実験結果により修正をほどこしたので, 最終的モデルポンプの正常点

における仕様は下記の通りとなつた。

13.5 m³/min × 3.5 m × 688 rpm

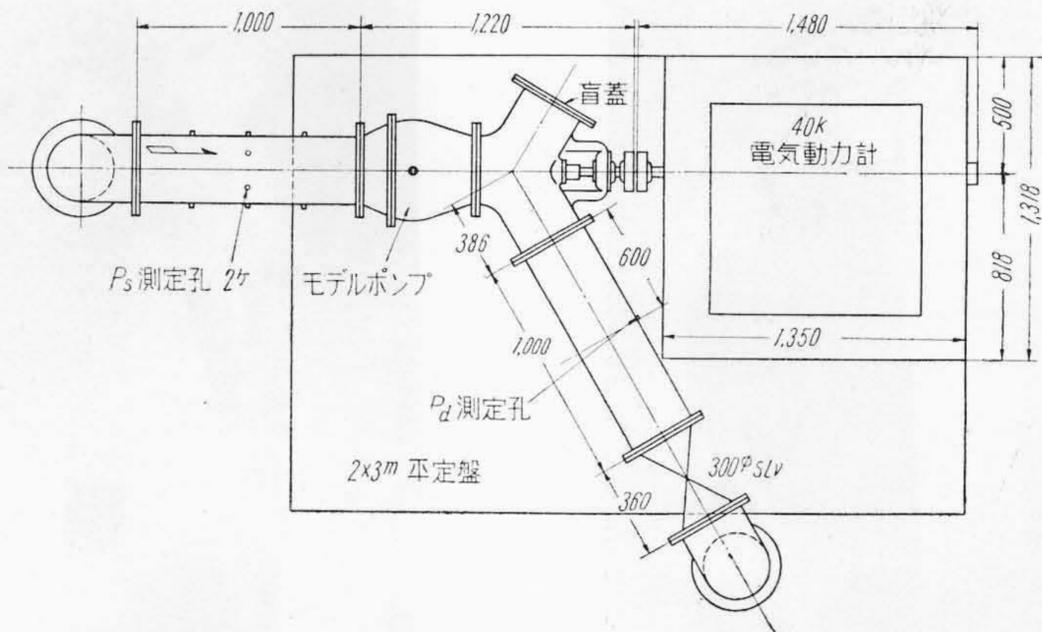
(2) モデルポンプによる試験

単独性能試験においてはモデルポンプの前後にそれぞれ長さ1mの整流板入り直管を挿入してポンプそのものの性能を測定できるように考慮した。この管に多数の測定孔を作り各孔の示す圧力を比較検討の結果1mの長さのほぼ中央の2箇所を孔を用いその平均値をとることとした。吐出側は直管の後にスルース弁を置き揚程および水量を調節し、水量は1.5m幅の全幅堰によつて測定した。ポンプの原動機には直流の電気動力計を用いポンプの所要動力を直接求めた。第8図は

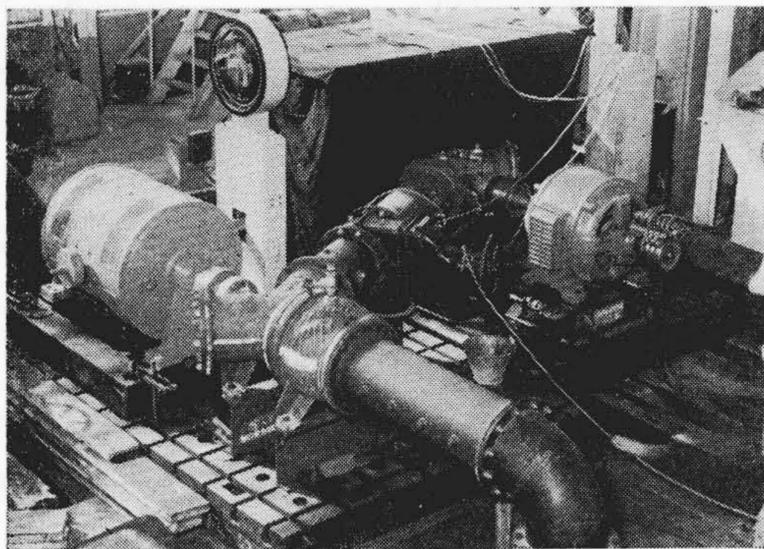
単独性能試験装置の平面図である。なお実際の据付状態ではポンプ入口に曲管がつくことになるのでこのモデル試験も行つたが、ほとんどその差は認められなかつた。これは従来から曲管に入れる整流板について種々実験を行い最適の形を見出していたため曲管による乱流・渦流がほとんどなかつたことを示しているものと考えられる。

直列運転試験においては全体の寸法を実物と相似にし途中にある切換弁のかわりに実物弁の全開状態に近い円板を取付けた短管を挿入した。1段目ポンプの入力は前記電気動力計でまた2段目ポンプのはべつの誘導電動機入力からあらかじめ較正した効率を用いてポンプの所要動力を算出した。圧力の測定は前記単独試験同様前後に1mの直管をおき正確を期した。なお直列運転では契約により2台のポンプを1個のポンプとみなしてその性能を測定した。

キャビテーション試験は1段目モデルポンプを使用し吸込揚程は試験水槽の実際吸込水位を加減して変化させた。吸込側を弁で絞る方法およびオリフィスで絞る方法はいずれも実験してみたが、絞りによる水流の乱れが起り正確な測定は困難であつた。供試ポンプの吐出側はスルース弁を介して2段目ポンプに接続し後者の回転数および弁の調節により供試ポンプの吐出側圧力を変化させ全揚程0m付近までの測定を可能ならしめた。斜流・軸流ポンプのキャビテーションはJISに定められた性能低下のみでは判断できない点もあるので、吸込揚程の変化による特性の変化を測定するとともに、羽根車の周囲に設けた透明窓からストロボライトにより泡の発生状況を直接観測した。第9図はキャビテーション試験装置の写真で供試ポンプは前方暗幕のなかに置いてある。第10図は泡の観測写真でクセノンバルブを使用して瞬間撮影したものである。一般にモデルと実物をトーマのキャビテ



第8図 モデルポンプ試験要領
Fig. 8. Model Pump Testing Plan



第9図 キャビテーション試験装置
Fig. 9. Cavitation Testing Plant

ーション係数 σ を同一にして運転すればキャビテーションの状況はお互にひとしいとされている (JIS B 8,301-1,955 参照)。

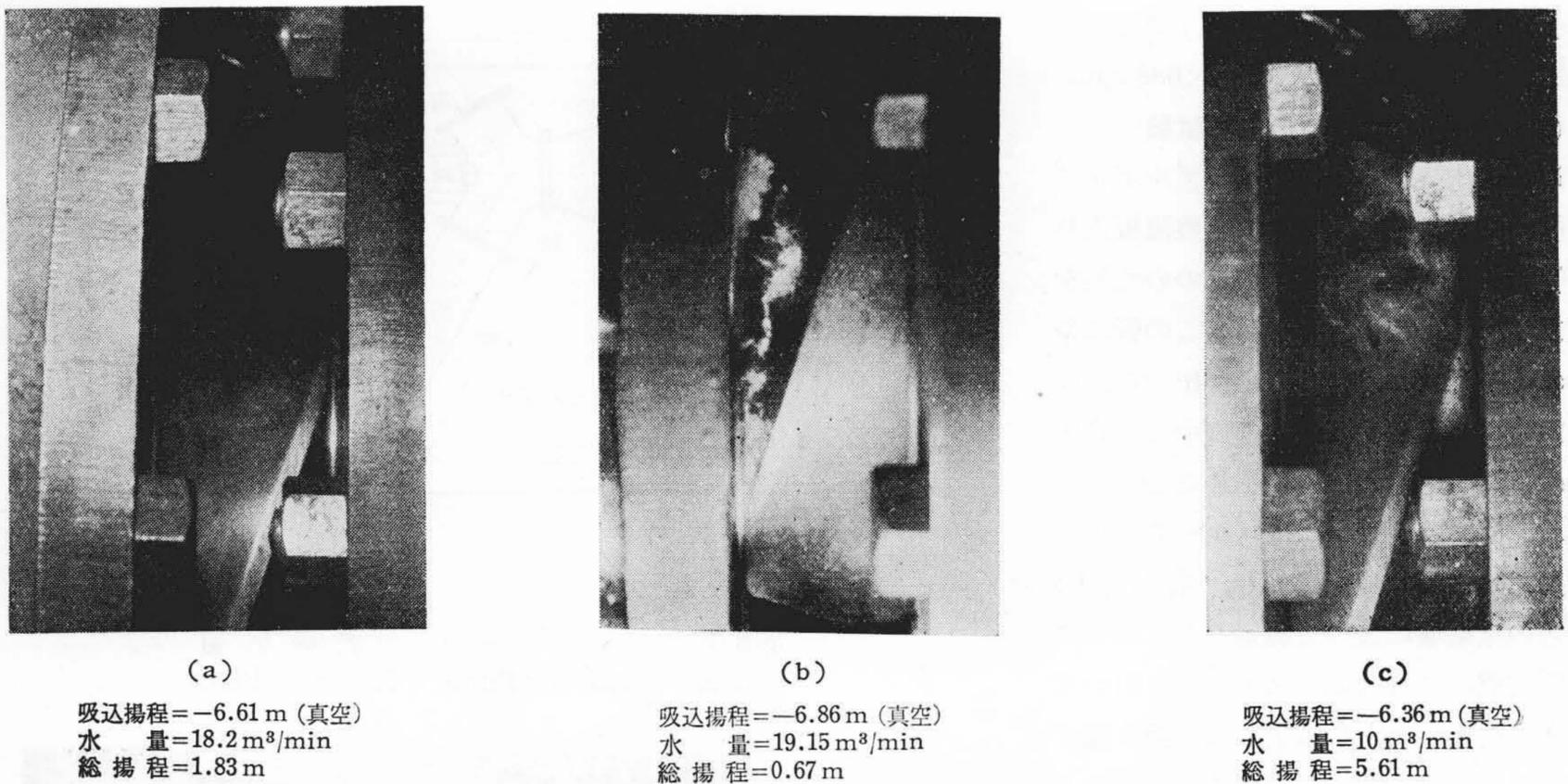
$$\sigma = \frac{P_a - P_c + H_s}{\frac{\gamma}{\gamma} H}$$

- ここに P_a = 大気圧
- P_c = 蒸気圧
- γ = 液の比重
- H_s = 吸込揚程 ただし 押込の場合は (+)
- 吸込の場合は (-)
- H = 全揚程

モデルと実物では羽根の大きさの差が吸込揚程に影響するのでそれぞれ羽根入口の最上端で考えることとした。両者の σ がひとしい条件は式であらわすと下記のようになる。

$$\frac{P_{a1} - P_{c1} + H_{s1}}{\frac{\gamma}{\gamma} H_1} = \frac{P_{a2} - P_{c1} + H_{s2}}{\frac{\gamma}{\gamma} H_2}$$

ただし符号1は実物の、また符号2はモデルのものを示す。気圧・気温がひとしいければ蒸気圧がひとしいから



第 10 図 キャビテーション瞬間写真 Fig. 10. Cavitation Record

$$\frac{P_{a1}}{\gamma} - \frac{P_{c1}}{\gamma} - \frac{P_{a2}}{\gamma} - \frac{P_{c2}}{\gamma} = 10 \text{ m Aq}$$

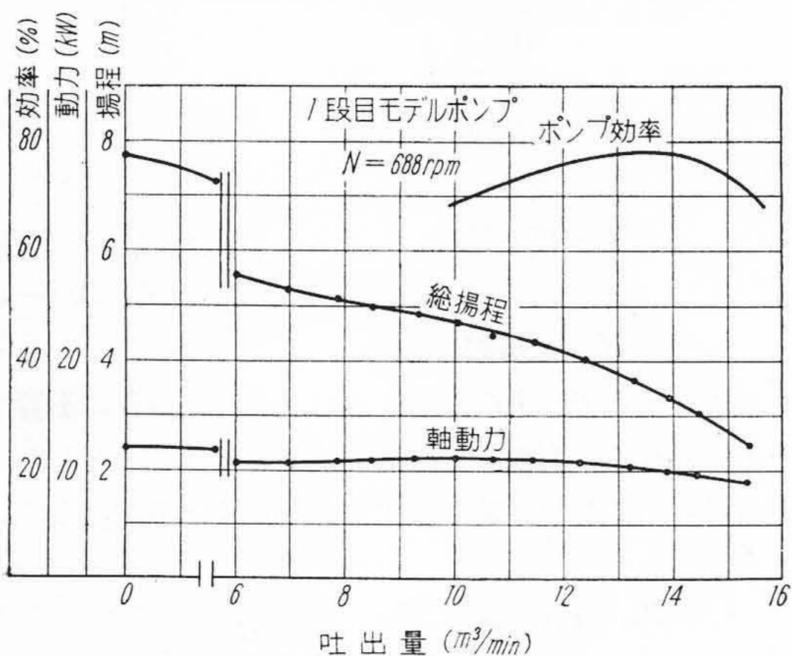
とおけば実物の吸込揚程 H_{s1} に相当するモデルの吸込揚程は下式であたえられる。

$$H_{s2} = \frac{H_2}{H_1} (10 + H_{s1}) - 10$$

実物の羽根入口最高部における吸込揚程は (-) 5.4 m であるからモデルにおける相当吸込揚程は (-) 6.2 m となる。すなわちモデルで -6.2 m の吸込揚程におけるキャビテーションの発生状況は実物の最高吸込揚程における状況とひとしいことになる。

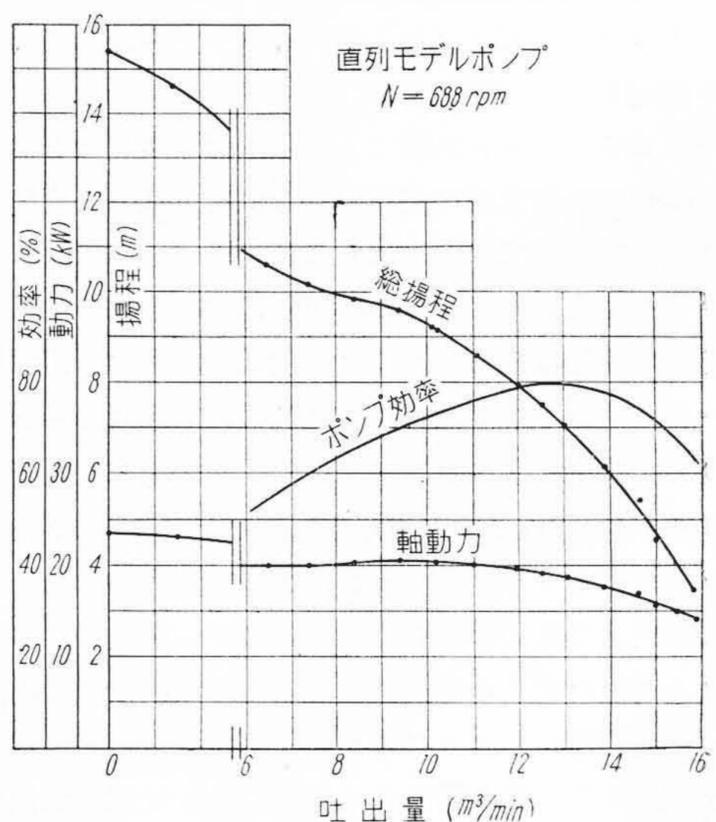
(3) 試験結果

モデルポンプの単独性能試験・直列性能試験・キャビテーション試験の結果を図示するとそれぞれ第 11~13 図の通りでいずれも保証値を越す好成績であつた。直列運

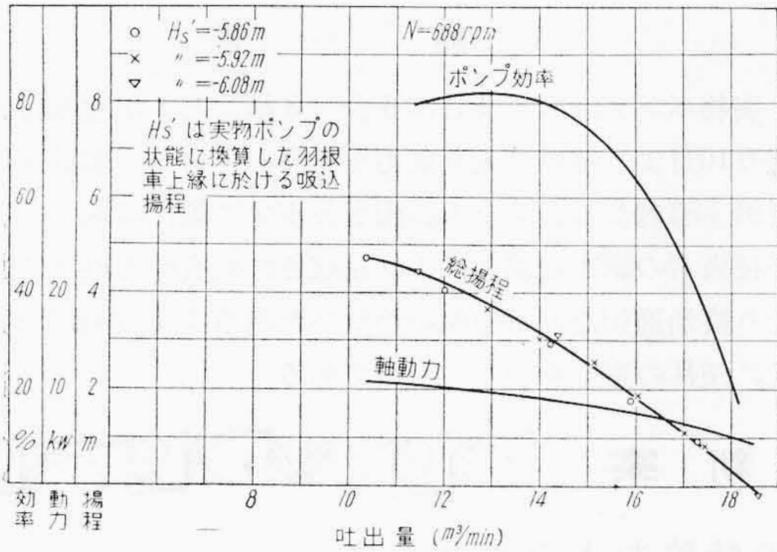


第 11 図 1 段階モデルポンプ性能曲線 Fig. 11. Characteristic Curves of No. 1 Model Pump

転において 2 段階ポンプの所要動力は単独に運転した場合より若干減少したがこれは 1 段階ポンプによる水の回転の影響であろうと考えられる。直列運転においては各ポンプの性能は測定できなかつたが全体としての効率は低下していないので、この推論は正しいと思う。キャビテーション試験の途上において目測により泡の発生を減らすように羽根を修正し運転範囲の全領域においてほとんど泡が発生しない状態に改良することができた。第 10 図 (b) は実物における最悪状態より以上苛酷な吸込および全揚程の条件における運転状態に相当し、この場



第 12 図 直列モデルポンプ性能曲線 Fig. 12. Characteristic Curves of Series Model Pumps



第13図 モデルポンプキャビテーション試験結果 (羽根車修正後)
 Fig. 13. Cavitation Test Data of No. 1 Model Pump (final impeller)

合は若干の気泡が発生している。しかしこの状態でも第13図により性能はまったく低下していないことがわかる。気泡発生にもつとも関係のあるのは羽根の入口角および羽根とケーシングの間隙寸法である。モデルポンプの吸込側は前述のごとくよく整流されており水は完全に軸方向に流入していると考えられたが、この仮定により計算された羽根の入口角度より小さな角度で気泡発生がもつとも少くなつた。これは羽根の直前においては水の予回転が起るかあるいは羽根の翼としての作用が相当に大きいことを示している。また羽根とケーシングの間に発生する気泡はチップキャビテーションと呼ばれ羽根の形によるいわゆるキャビテーションとは性質のことなるものである。これは前記間隙を小さくすることにより

防止することができるが、あまり小さくすることは実際的ではない。本モデルでは間隙は 0.5 mm であつた。

(4) 実物性能試験およびモデル試験の結果との比較
 実物は1号型2号型のそれぞれの単独性能および直列状態の性能試験を行つた。この結果とモデルポンプからの推定曲線とを比較すると第14図の通りである。実物は最大水量 500 m³/min に達し試験ピットの容量一ぱいであるため、流水に渦・乱れを生じ測定には種々の困難があつたが、結果としてはモデルポンプからの換算値と比較的よく合致している。モデルポンプから実物ポンプの性能を推定するには一般によく知られた相似法則とムーディの効率換算式が使用されている。相似法則によればモデルと実物の関係は下式であたえられる。

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{H}{H'} &= \left(\frac{N}{N'} \right)^2 \left(\frac{D}{D'} \right)^2 \\ \frac{Q}{Q'} &= \left(\frac{N}{N'} \right) \left(\frac{D}{D'} \right)^3 \end{aligned} \right. \quad \text{ただし } \begin{aligned} H &= \text{揚程} \\ Q &= \text{吐出量} \\ N &= \text{回転数} \\ D &= \text{羽根車寸法} \end{aligned}$$

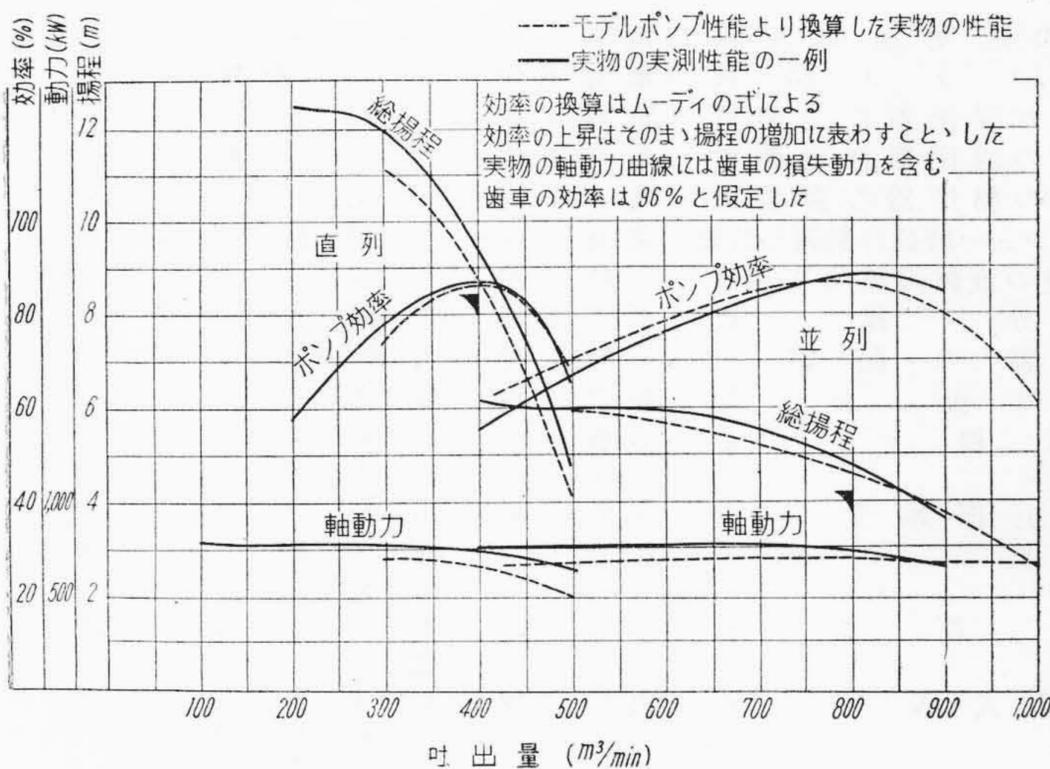
'はモデルのものを示す

この式によれば小型のモデルポンプと大型の実物ポンプはまったくひとしい効率を示すことになり、実際の経験とあわぬのでこれを下記ムーディの式により修正を行う。

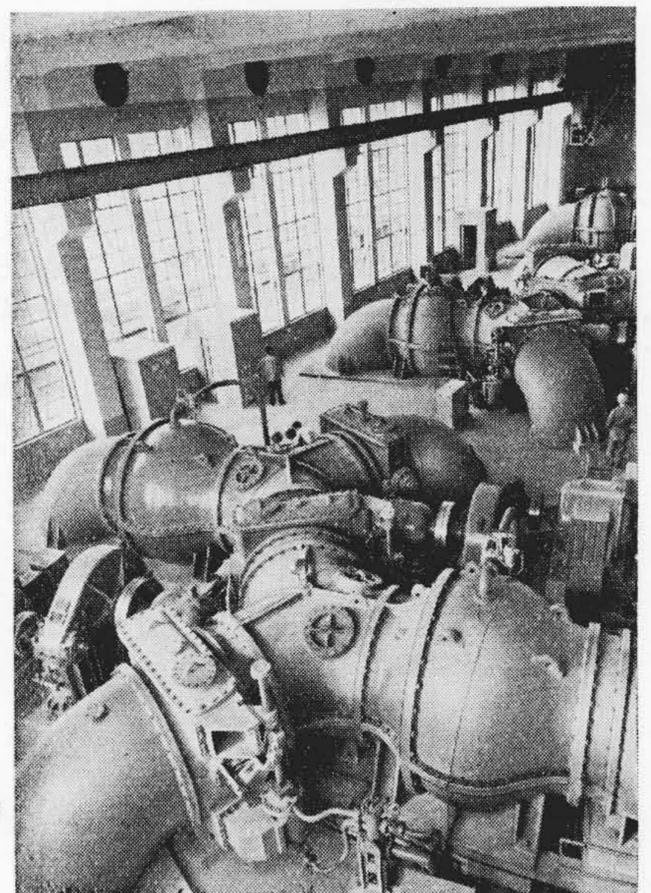
$$\frac{1-\eta}{1-\eta'} = \left(\frac{D'}{D} \right)^{\frac{1}{4}} \left(\frac{H'}{H} \right)^{\frac{1}{10}}$$

ただし η は効率

この式を用いてモデルポンプの効率から算出した実物効率は実物ポンプの実測値と比較的よく一致する。しか



第14図 モデルポンプの性能と実物ポンプの性能の比較
 Fig. 14. Comparative Characteristics of Model and Prototype Performance



第15図 手賀排水機場内部
 Fig. 15. Inside View of Tega Drainage Station

し効率の上昇が性能曲線にどのように影響するかについてはきまつた法則は公認されていない。第13図は相似法則をムーディの式により下記のように修正して計算したものであるが、この修正法についてはなお今後の研究を要する。

$$\frac{H}{H'} = \frac{\eta}{\eta'} \left(\frac{N}{N'}\right)^2 \left(\frac{D}{D'}\right)^2$$

$$\frac{Q}{Q'} = \left(\frac{N}{N'}\right) \left(\frac{D}{D'}\right)^3$$

〔V〕 結 言

実物ポンプは31年9月に6台(3組)とも現地据付を終り10月より稼働に入り威力を発揮している。本計画は計画主導者たる農業土木技術者とポンプ製作にあたる機械技術者の緊密な協力により完成されたもので終りにあたり終始適切な御指導をいただいた前事業所長瀬戸忠武氏に深甚の謝意を表するものである。

特許と新案

最近登録された日立製作所の特許および実用新案 (その2)

(第13頁から続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	449448	火 花 樋	日立工場	泉 千 吉 郎 白 須 土 田 忠 治 須 土 田 忠 治	31. 8. 25
"	449449	火 花 樋	日立工場	白 須 土 田 忠 治 須 土 田 忠 治	"
"	449389	ベルトコンベヤの棧締結装置	笠戸工場	青 齋 木 田 喜 六 齋 木 田 喜 信 幸	"
"	449409	運搬車自動停止装置	笠戸工場	三 進 時 藤 信 文 進 藤 好 文	"
"	449413	軌道車輛用車体支持装置	笠戸工場	青 山 木 田 喜 六 山 木 田 喜 一 男	"
"	449416	車 輛 連 結 器	笠戸工場	進 藤 藤 好 文 稲 藤 月 好 乾	"
"	449420	車 輛 用 連 結 器	笠戸工場	進 藤 藤 好 文 稲 藤 月 庄 文	"
"	449422	車輛連結器の遠隔離脱操作装置	笠戸工場	大 古 木 沢 正 久 古 木 沢 裕 丈 親	"
"	449433	緩 衝 装 置	笠戸工場	坂 井 裕 文 也	"
"	449385	複はすば歯車式巻胴装置	亀有工場	林 文 進	"
"	449388	石炭の水揚装置における揚炭管	亀有工場	寺 田 進	"
"	449396	片盤における積込用コンベヤ	亀有工場	亀 井 茂 樹 飛 知 和 友 明	"
"	449398	誘導電動機の速度制御装置	亀有工場	吉 川 種 秀	"
"	449405	起重機用フック装置	亀有工場	安 河 内 春 雄	"
"	449427	押上機付制動機の開閉器作動装置	亀有工場	石 山 実 実	"
"	449428	押上機付制動機の開閉器作動装置	亀有工場	石 山 実 実	"
"	449429	押上機付制動機の開閉器作動装置	亀有工場	石 山 実 実	"
"	449450	制動装置のブレーキシュー磨耗自動調整装置	亀有工場	神 尾 昌 史	"
"	449411	内冷式回転圧縮機の液体通路閉塞装置	川崎工場	大 谷 光 彦	"
"	449395	遠 心 分 離 機	多賀工場	川 崎 光 彦	"
"	449399	着火配電器の配電子	多賀工場	大 和 田 正 義	"
"	449402	機 関 起 動 装 置	多賀工場	飯 島 登 卓	"
"	449412	遠 心 脱 水 機 ケ ー ス	多賀工場	田 益 子 三 光 直 彦 益 子 三 光 直 彦	"
"	449414	遠心分離機上部軸受装置	多賀工場	川 崎 三 光 直 彦	"
"	449435	密閉型切換スイッチ	多賀工場	横 河 内 村 倉 田 正 秀 河 内 村 倉 田 正 秀	"
"	449451	真 空 蒸 着 装 置	多賀工場	土 孤 和 田 正 長 義 孤 和 田 正 長 義	"
"	449407	蓄電器放電式X線装置	亀戸工場	和 小 市 田 林 川 正 長 義 小 市 田 林 川 正 長 義	"
"	449408	蓄電器放電式X線装置	亀戸工場	和 小 市 田 林 川 正 長 義 小 市 田 林 川 正 長 義	"

(第30頁へ続く)