

四 国 電 力 株 式 会 社 納
大 森 川 発 電 所 用 可 逆 ポ ン プ 水 車
The Reversible Pump-Turbine for the Ōmorigawa Power Station,
Shikoku Electric Power Co., Inc.

外 岡 英 徳* 長 沼 進*
Hidenori Tonooka Susumu Naganuma

内 容 梗 概

わが国最初の四国電力株式会社納，大森川揚水発電所用ポンプ水車は，昭和30年以来模型による研究を経て製作，すえ付けを完了し昭和34年6月試運転にはいった。可逆ポンプ水車の特長は一つの機械を二つの目的に使用することであり，その性能研究のために数次にわたる模型試験と各種の研究が行われ，これらの試験研究をもとにしてここに揚程，落差とも100mをこえる高揚程の可逆ポンプ水車の実現をみた。本文はこの大森川発電所用可逆ポンプ水車に対する，模型試験，ポンプ水車の構造，運転方式および現地試験結果などについて概述したものである。

1. 緒 言

電源開発の急速な進歩にともない発電用機器の容量は次第に増大し，同時に負荷の変動も激しくなる傾向があり，その需給を最も有効に調整できる揚水発電所の重要性が認められるに至り，可逆ポンプ水車の価値が急速に高かまりつつある。四国電力株式会社では早くからこの点に着目して，大森川発電所用として，可逆ポンプ水車の採用を計画され，日立製作所にてその主機を製作中であつたが，このほどすえ付けも完了して運転の運びとなつた。本発電所は水車容量12,200 kW，ポンプ最大揚水量13m³/sであるが，ポンプ運転時の揚程は127mにおよび，世界においても例が少なく，可逆ポンプ水車では世界最高の揚程で，その運転結果は斯界注目のまゝである。

昭和34年7月ポンプならびに水車の運転試験が開始され，非常な好成績をおさめたので，その概要をもあわせて，大森川発電所用ポンプ水車についてここに紹介する次第である。

2. 大森川発電所の概要

大森川発電所は吉野川最上流に設けられている長沢貯水池と，吉野川の支流大森川に新たに設けられた大森川ダムとの間に設けられた揚水発電所で，せん頭負荷時に大森川貯水池の水を利用して発電し，長沢貯水池に放流する。また軽負荷時すなわち送電系統に余剰電力が生じた場合は長沢貯水池の水を大森川貯水池に揚水せんとするものである。

第1図に大森川地点の平面図を示す。

(1) 大森川発電所の仕様

発電所の使用条件は次のとおりである。

* 日立製作所日立工場

i) 貯水池水位

上部 (大森川貯水池)	H. W. L.	780.0m
	L. W. L.	745.0m
利用水深		35m
下部 (長沢貯水池)	H. W. L.	663.7m
	L. W. L.	653.0m
利用水深		10.7m
水位差	最大	127m
	最小	81.3m

ii) 水 量

最大使用流量	12.0m ³ /s
最大揚水量	13.0m ³ /s

iii) 落差および揚程

静 落 差	最大	127m
	最小	81.3m
有効落差 (最大使用流量時)		118m
総揚程 最大 (Q=5.0 m ³ /s 揚水時)		127.8m
最小 (Q=13.0 m ³ /s 揚水時)		92.0m

iv) 発電所出力および入力

最大出力	11,800 kW
最大入力	14,700 kW

(2) 主 機 仕 様

i) 可逆ポンプ水車

形 式	立軸単輪単流うず巻フランシス形
容 量	水車出力 12,200 kW
	ポンプ軸動力 14,300 kW
回転数	水車およびポンプ運転時 400 rpm

ii) 発電電動機

形 式	立軸閉鎖風道循環形三相交流同期機
出 力	発電機出力 14,000 kVA
	電動機出力 15,000 kW
力 率	発電機運転時 90%



第1図 大森川発電所地点の平面図

電動機運転時	100%
周波数	60~
極数	18
(3) 水路および水圧鉄管	
i) 堰 堤	
形 式	中空重力式溢流形
堤 高	72m
堤 長	190m
ii) 導水路	
形 式	圧力式馬てい形
内 径	2,380 mmφ
亘 長	2,464.30m
iii) 調圧水槽	
形 式	水室式調圧水槽
ライザー内径	4.5m
水 室 上部内径	10.0m
総 高 さ	約 62 m
iv) 水圧鉄管路	
管路内径	2.3m~1.6m
管路長さ	178.131m

3. 可逆ポンプ水車の設計要項

揚水発電所の発生電力量は一般に自流分の発生電力と下部貯水池より揚水した水を使用して発生する電力，すなわち揚水分による発生電力量の合計である。したがって一般に可逆ポンプ水車の特性としては水車効率がより重要な意義を有し，ポンプ運転時は，効率ももちろん重要であるが，もし電力を揚水に利用しうる時間に制限がある場合は，短時間に多量の水を揚水したいという意味で効率よりむしろ揚水量を大きくすることが重要になる場合もある。

大森川発電所においては，多少ポンプ効率をぎせいにしても水車効率をよくすること，および最低揚程付近で

13 m³/s の揚水が可能であることが必要であった。

前節のような大森川発電所の使用条件に対して，可逆ポンプ水車を設計するに当り与えられた条件を詳記すれば下記のとおりである。

(1) 水車運転

i) 最高落差 $H_{Tmax}=118\text{m}$ において水車全開流量は 12 m³/s 以上であること

ii) 最低落差 $H_{Tmin}=74.4\text{m}$ において

水車効率は 60% 以上であること

iii) 水車の最高効率が使用落差変動範囲内であること

(2) ポンプ運転

i) 最低揚程 $H_{Pmin}=92\text{m}$ において

ポンプ揚水量 $Q_P \leq 13 \text{ m}^3/\text{s}$ であること

ii) 最高揚程 $H_{Pmax}=127\text{m}$ において

ポンプ揚水量 $Q_P > 0$ であること

iii) ポンプ最高効率が使用落差変動範囲内であること

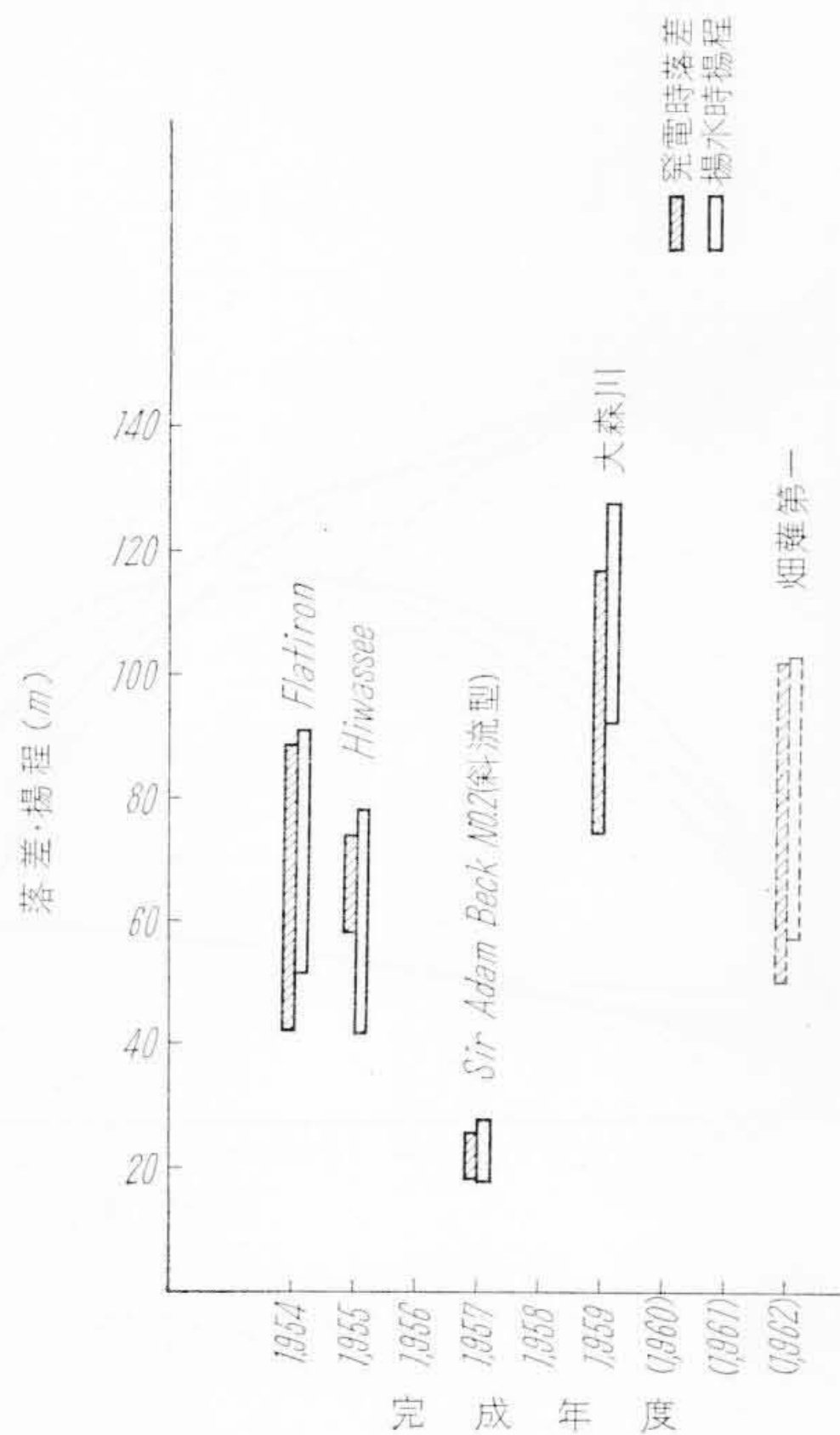
以上の条件を総合すると，水車最高落差時の流量とポンプ最低揚程時の流量を大体同じにすること。水車では最低落差時の効率も高くし，ポンプでは $Q-H$ 特性としてできる限り急な曲線すなわち，締切り揚程が比較的高くなるような特性が望ましいこととなる。

大森川発電所の落差，揚程変動状況をほかの可逆ポンプ水車と比較してみると第2図のとおりであり，可逆ポンプ水車としては比較的高落差であるばかりでなく，その変動範囲も非常に大きい。

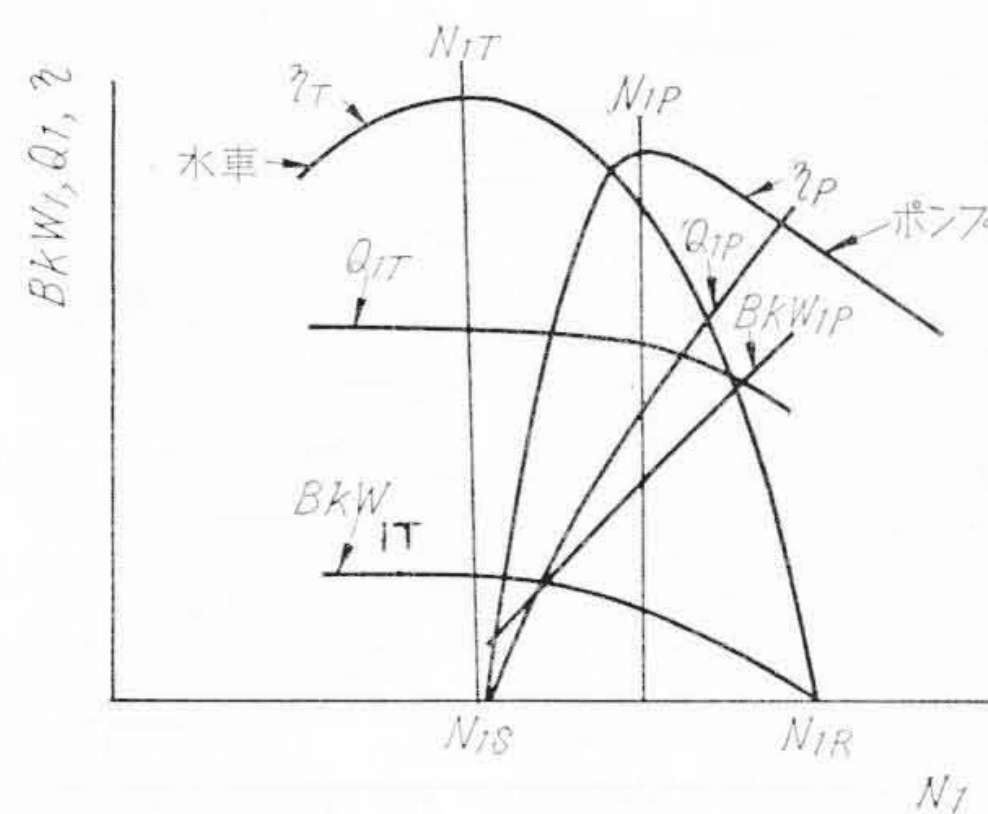
ポンプ水車ランナの形状は同一仕様の水車よりもむしろポンプランナに近い形状のものが必要であるが，単純なポンプではそのまま逆転しても優秀な水車は得がたく，またその最高効率はポンプのそれよりはるか低い回転のときに得られる。したがって水車の効率を向上せしめ，所要の性能をうるためにランナの外形形状のみならず，羽根形状についても，理論的解明と数次にわたる実験による総合的研究が重ねられた。

4. 模型試験結果

普通形のポンプを逆転せしめたときの水車性能，普通水車を逆転したときのポンプ性能などについては早くからそれぞれの目的のために研究がつまれており，数年前よりポンプ水車専用の試験設備による可逆ポンプ水車の本格的な研究に着手したが，昭和30年後半に至り，四国電力株式会社とともに大森川発電所に適する可逆ポンプ水車に関する協同研究を進めることになり，それ以後数種



第2図 可逆ポンプ水車落差、揚程変化例

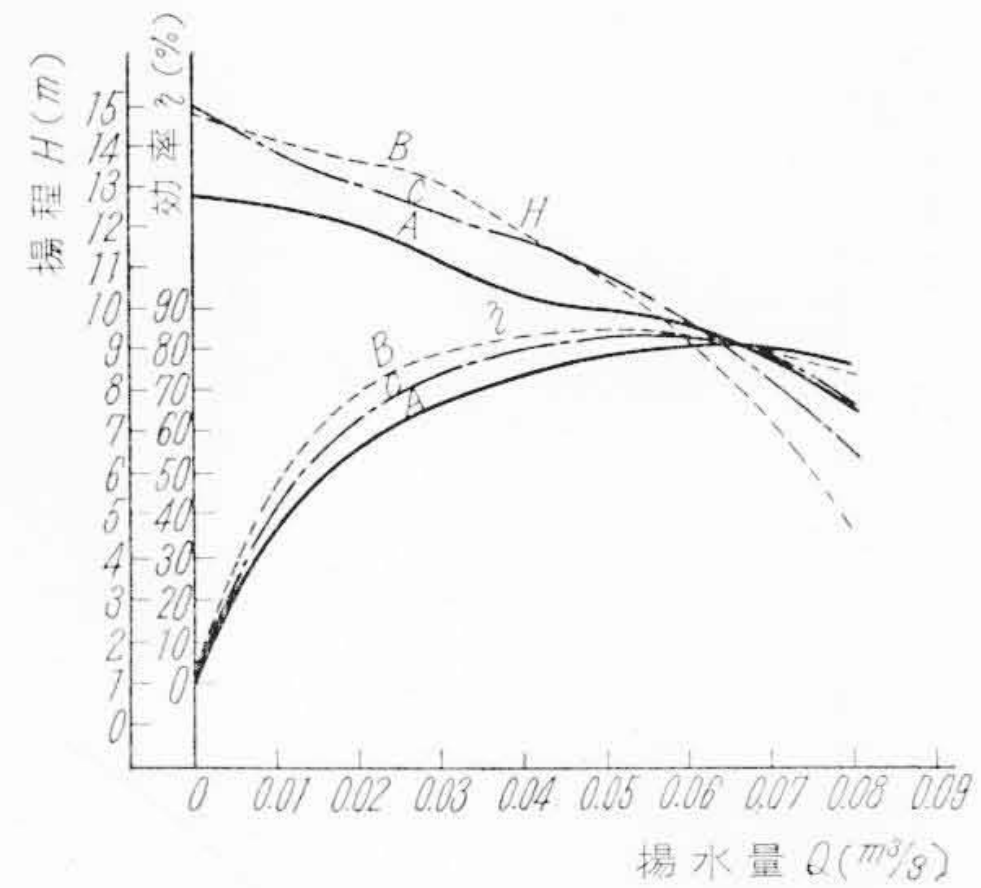

 第3図 ポンプ水車の N_1 対効率特性説明図

類のモデルランナ、ケーシング、案内羽根などを試作して効率試験、ポンプキャビテーション試験などのほか、起動試験、完全特性試験などポンプ水車として特有な問題を解明すべくあらゆる角度からの検討が加えられた。

4.1 効率試験

ポンプ水車の効率特性上最も望まれることは、同一速度で水車効率、ポンプ効率が高いことすなわち両者の最高効率が同一落差付近で得られることである。また流量についても、水車最高落差時の流量と、ポンプ最低揚程時の揚水量を計画に合わせる必要より単なる水車あるいはポンプに比し設計上与えられる条件は非常に多くなる。

使用した模型水車は、羽根車外径 280~300 mm ϕ 、ポンプとしての吸込口径 167 mm ϕ 、羽根枚数 7~9 枚、



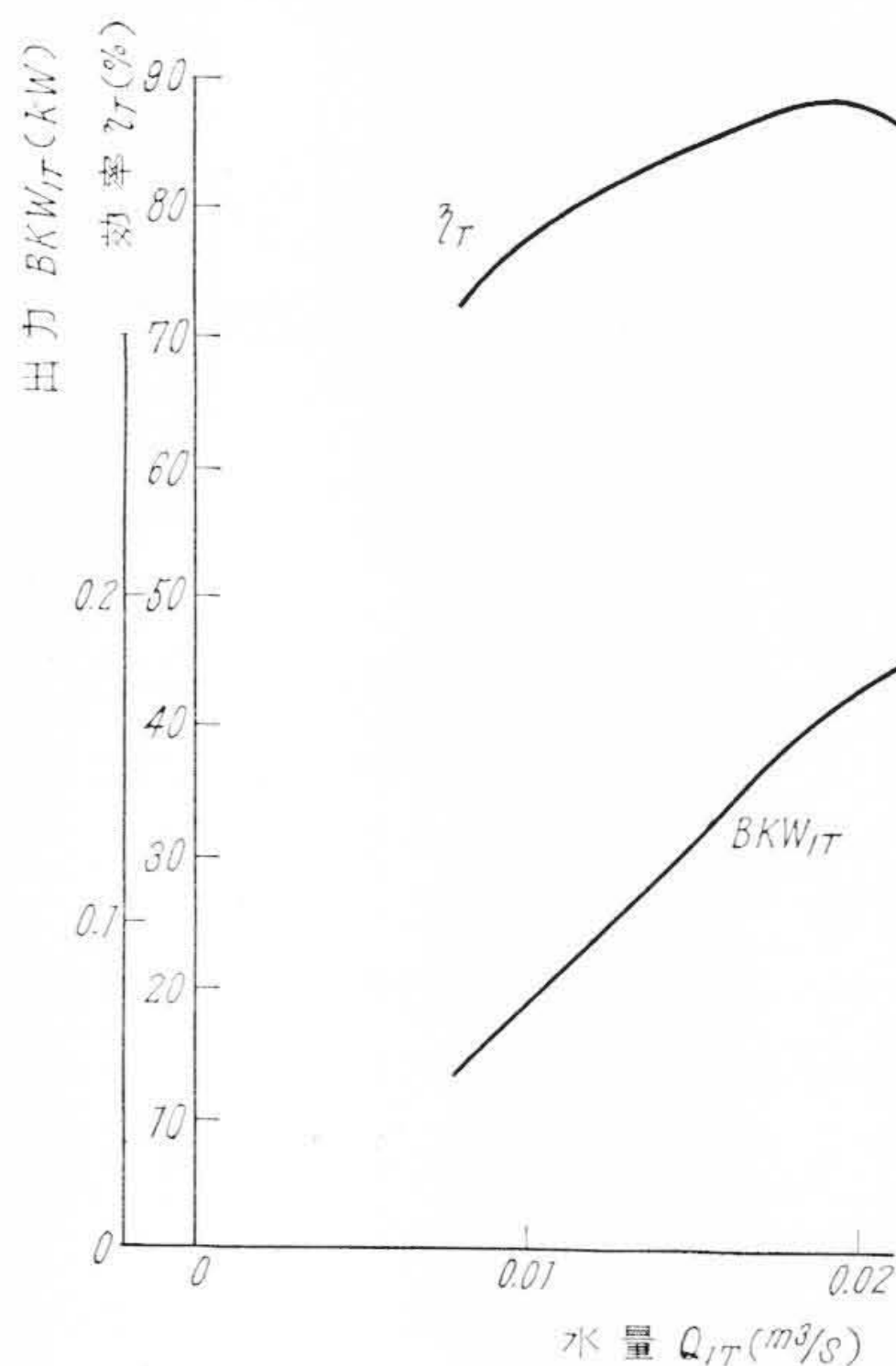
第4図 ポンプ特性比較曲線

出口幅は 25~31 mm で、設計要項の異なる数種類のランナを製作せるほか、必要に応じうず巻ケーシング、案内羽根などもそれぞれのランナに適したものを組合わせて試験した。

水車、ポンプの効率特性を求めるためには日立研究所水力実験所の低落差ポンプ水車試験設備を使用した。本装置によりそれぞれの効率性能が綿密に試験され、基本特性が得られた。

ポンプ水車の効率性能を比較するには、単位落差当りの回転数を基本にした第3図のような N_1 特性、ポンプの $Q-H$ 特性(第4図)水車の流量または出力をもとにした水車効率特性(第5図)などが必要である。ポンプ水車においても、ポンプ、水車おのこの効率が低いことはもちろん重要なことであるが N_1 特性において、両者の最高効率を発揮するときの N_1 の値が近づいていることが必要である。すなわち水車およびポンプ運転時の最高効率を示す単位落差回転数をそれぞれ N_{1T} 、 N_{1P} とし、水車の単位落差無拘束速度を N_{1R} 、ポンプ締切時の単位揚程回転数を N_{1S} としたとき N_{1P}/N_{1T} の値が1に近くかつ N_{1R}/N_{1S} の値が大きいことがポンプ水車としては望ましい。また効率のほかにポンプおよび水車の各揚程、落差における流量の兼ね合いがポンプ水車としては重要な問題である。水車では流量はほぼ落差の平方根に比例するが、ポンプでは揚程と流量の関係はおのこのランナの性能によって異なり、ポンプの $Q-H$ 特性いかんが揚水量の大きさを支配する。変揚程の場合、ポンプの揚水量が揚程の大小によって大きく変化することは揚水発電所では一般に好ましいことではなく、最高揚程でも可能な限り大きな流量を保つためには $Q-H$ 曲線は右下りで急傾斜の特性をもつことが必要である。ポンプに可動ガイドベーンを設け、各開度の $Q-H$ 曲線の包絡線を採用することにより、高揚程時の性能は第6図のとおり著しく向上する。

したがって水位変動の大きい揚水発電所用のポンプ水車では水車側での負荷変化に応ずる運転を行うためのみ



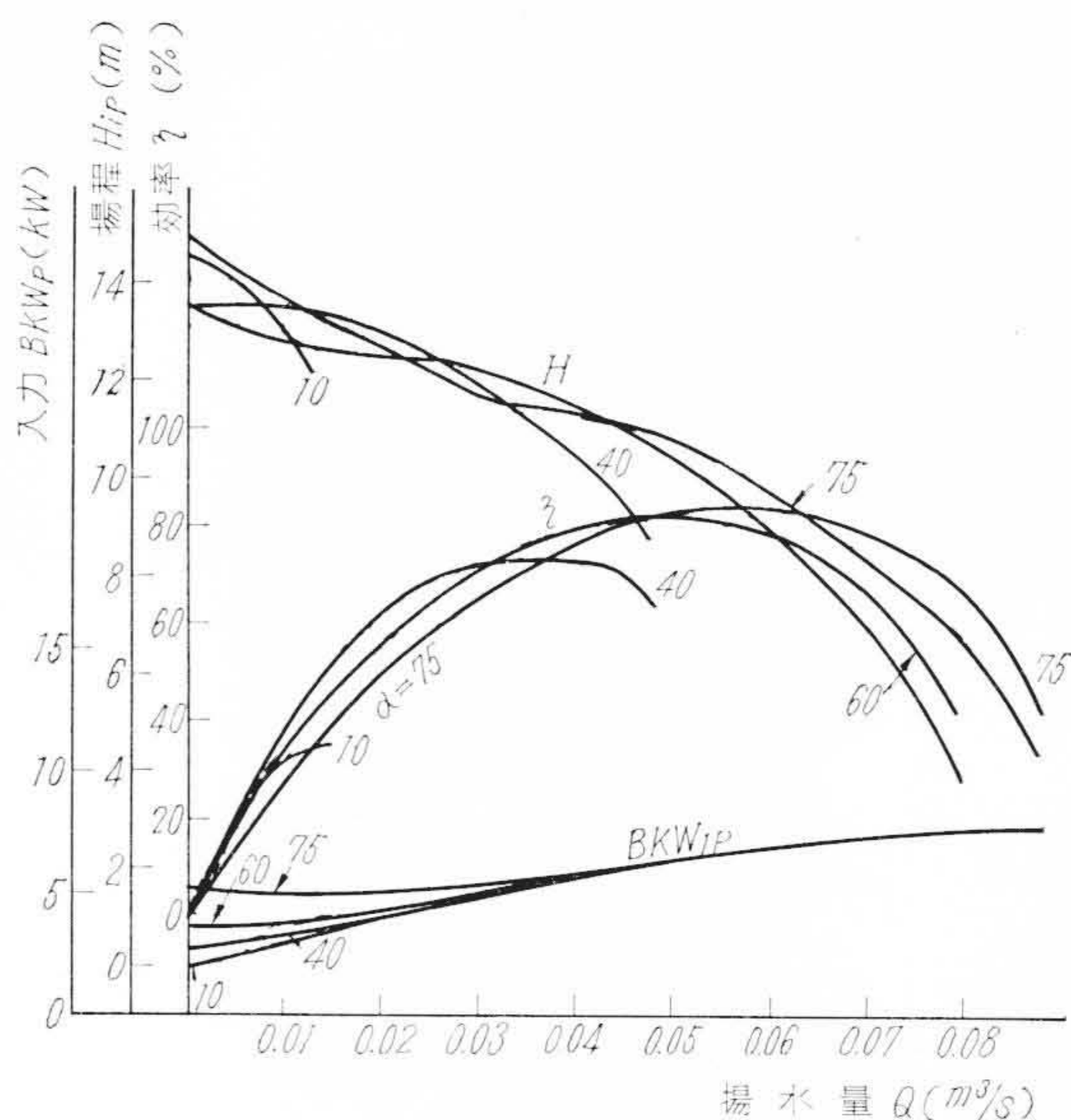
第5図 模型の水量(Q_1T m^3/s)対効率($\eta\%$)
および出力(BKW_1T kW)特性の一例

ならずポンプの運転性能を向上させるためにも可動ガイドベーンを設けることは有効なことである。

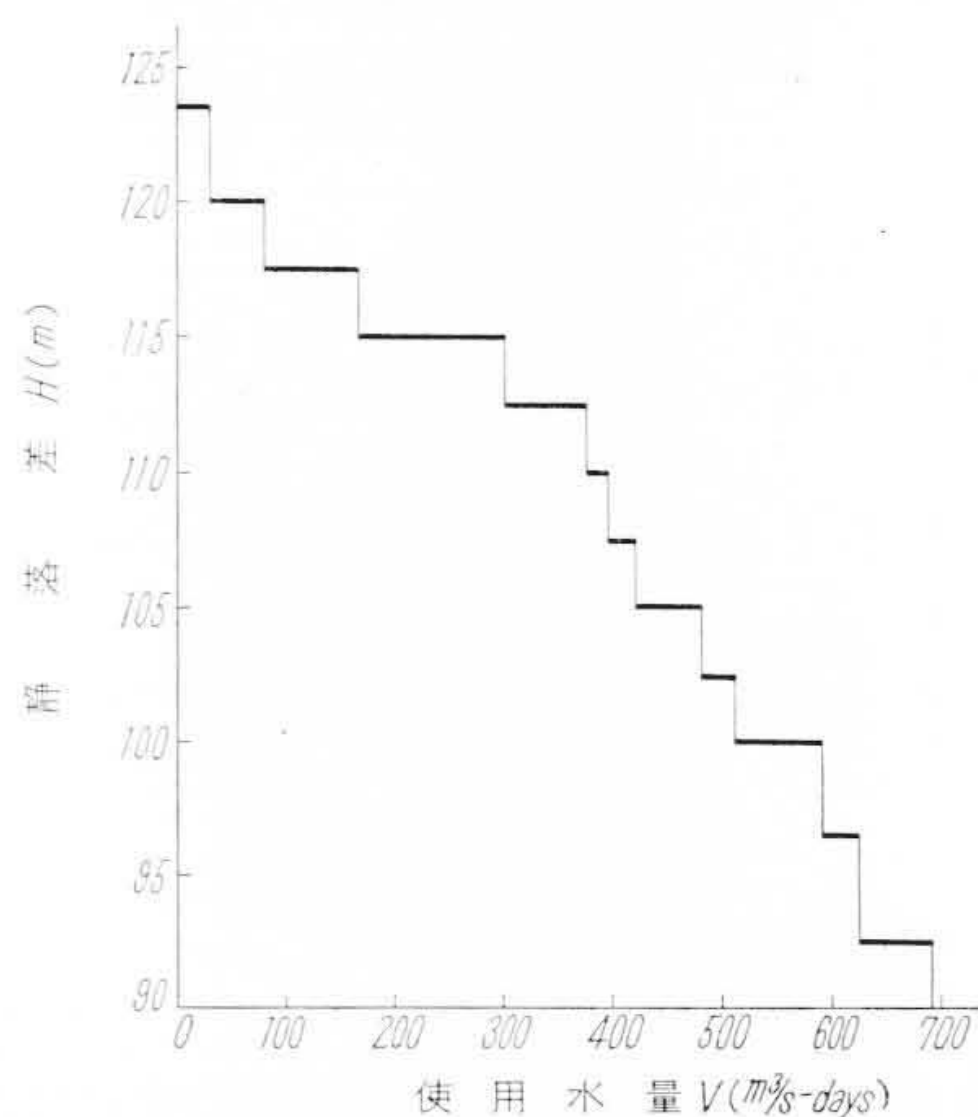
模型試験の第一段階としては上述のようなポンプ水車としての一般的性能向上にあったが、さらに一般の水力発電所において、水車の特性はその発電所固有の条件に従い、年間発生電力が最も大きくなるように選ばれるのと同様、大森川揚水発電所については、大森川貯水池の流入水量による発電量および長沢貯水池の水を大森川貯水池に揚水しこれを使用する場合の発電量の合計が年間最大となるような特性を求めることが模型試験の最大眼目の一つであった。

第7図および、第8図は発電量の計算の基礎になった自流分による発電使用水量、および揚水可能時間をそれぞれその時の水位差に対して表示したもので、これらの関係から年間の発生電力量が最大となるべき特性が与えられた。

以上のように諸条件に適するポンプ水車の特性を求めるために数次にわたる模型試験を実施したが、その結果の一例をあげると第1表のとおりである。本表にかかげた例はすべて大森川発電所用として採用可能のものであるが、モデルAはポンプ高揚程時の揚水量が少なく、モデルBはポンプ効率がよく、発生電力量も多いが、全負荷付近の水車効率が多少低いので、発電の場合は全負荷付近での運転が主となる本発電所の仕様に対してはなお改良の余地があった。これらの欠点をおぎないかつ水車効率の向上を目的としてランナ羽根形状を一部修正した



第6図 案内羽根各開度別ポンプ特性



第7図 静落差と使用水量(流入分)の関係

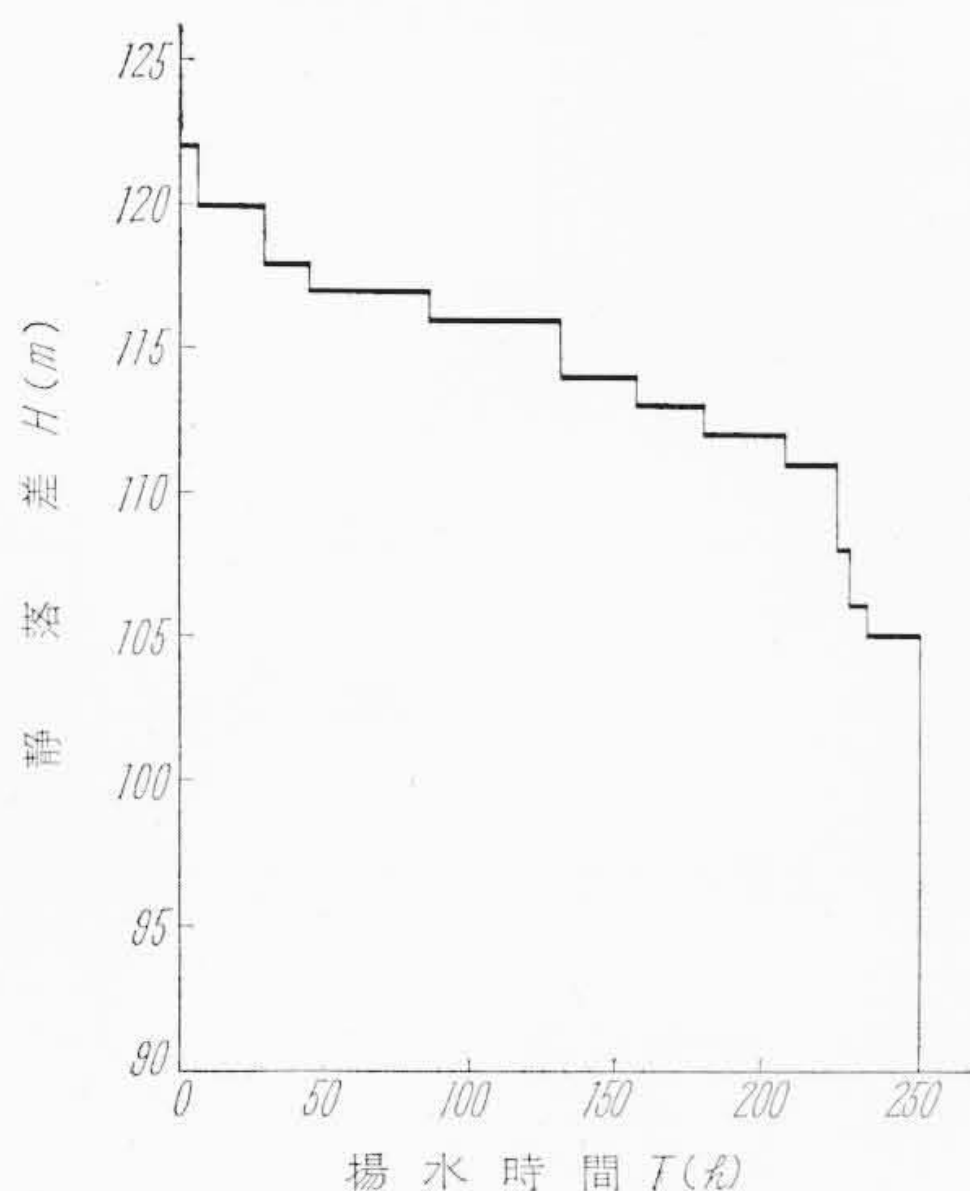
モデルCが大森川発電所用に最も適するものとして実物に採用された。第9,10図はそれぞれ実物機の水車および、ポンプの予想特性を示すものであるが現地試験の結果水車、ポンプとも予想を上回る性能が得られている。

第11図は試験に供されたモデルランナの一部である。

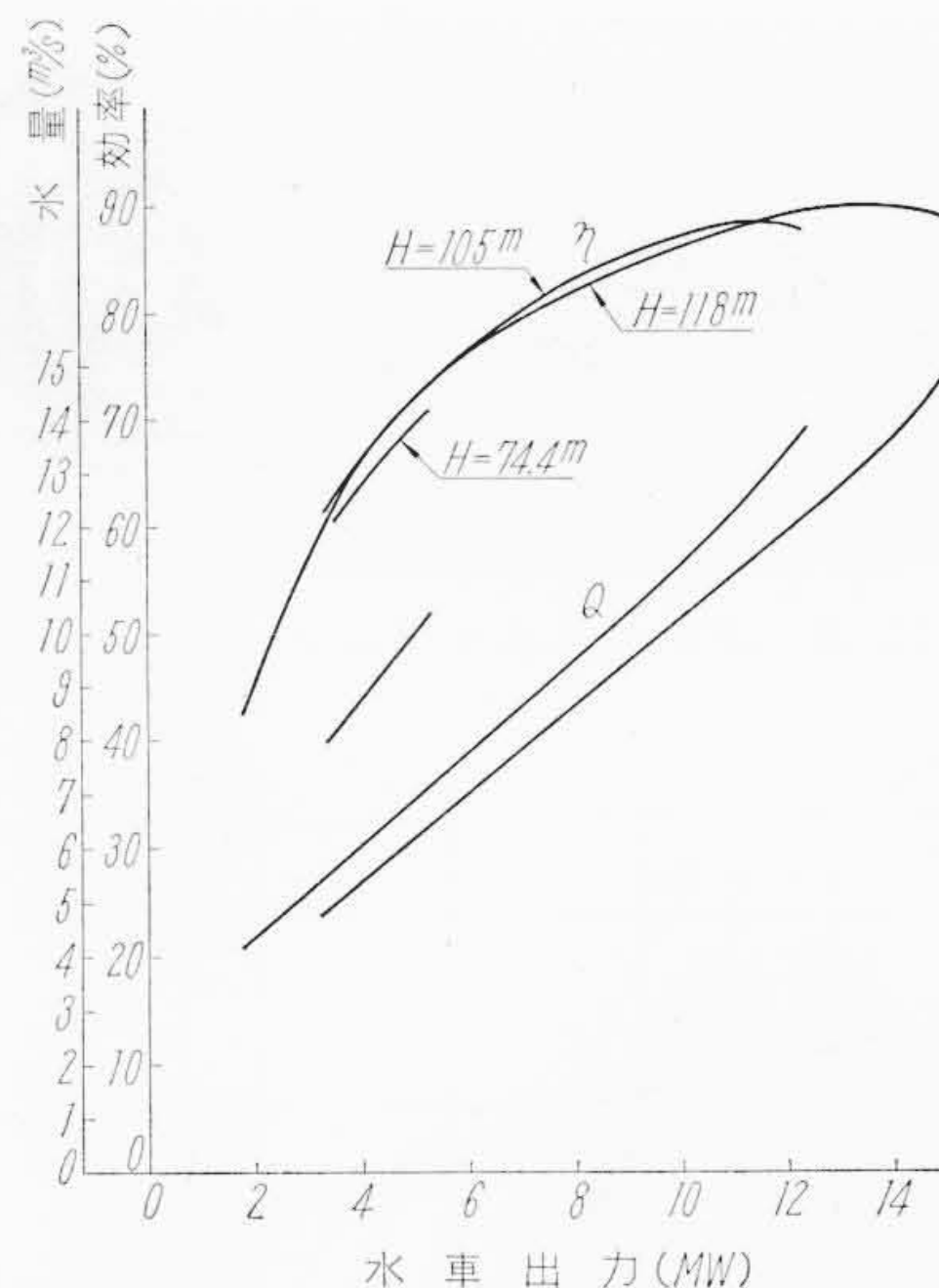
4.2 ポンプキャビテーション試験

ポンプ水車のキャビテーション特性は、水車運転時よりポンプ運転時のほうがひどく押込み水位はポンプの運転性能により決定される。

ポンプ運転ではその特性上揚程の減少とともに流量が増大し、キャビテーションは、流量が増加すれば発生しやすくなるので、低揚程時におけるキャビテーション試験結果を重視せねばならない。模型試験では押込み水位



第8図 静落差と揚水運転時間の関係



第9図 大森川発電所実物水車予想性能曲線

第1表 模型試験結果の一例

	羽根車	A	B	C
水車特性	最大出力 (kW)	14,500	13,700	14,500
	推定効率 ($Q=12\text{m}^3/\text{s}$ 時)	89.5	87.0	89.7
	$H=75\text{m}$ 時出力	5,380	4,900	5,500
ポンプ特性	ポンプ最大軸効力	12,000	14,200	13,100
	最高揚程時揚水量	1.54	7.95	4.45
	推定最高効率	85.7	89.3	88
ポンプ水車性	発生電力量指数	14,920	15,500	15,160
	N_{1T}/N_{1P}	1/1.09	1/1.03	1/1.03
	N_{1R}/N_{1S}	1.41	1.55	1.55

ただし N_{1T} =水車全開開度における最高効率時の単位落差当り回転数
 N_{1P} =ポンプの最高効率時の単位揚程当り回転数
 N_{1R} =水車単位落差当りの無拘束速度
 N_{1S} =ポンプ縮切揚程時単位揚程当り回転数

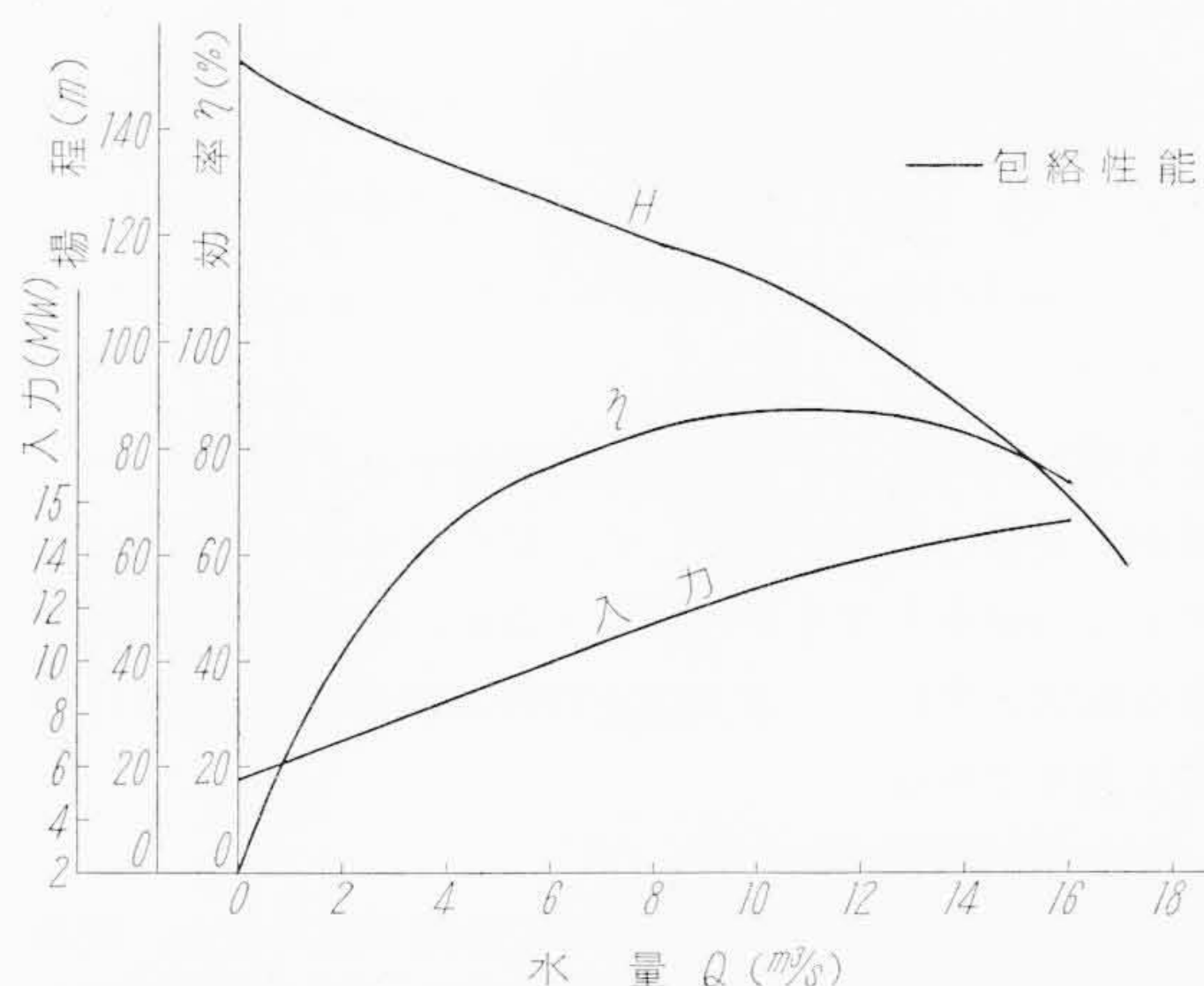
H_s を変化せしめて、揚水量あるいは揚程の急激におちはじめの値を確認した。

ポンプのキャビテーション試験に際し、水車と同様、トーマの係数 σ によって整理することが通例とされているが、 σ を同一にすれば実物と模型の間に相似の条件が成立するか否かについてはなお確定的結論が得られていない模様で⁽¹⁾、実物の状態を確実に把握するためには実揚程による試験が必要である。このため日立研究所水力実験所に実揚程のポンプ水車試験設備を設け、高速度誘導電動機を用いて実揚程におけるキャビテーション試験を行った。

試験結果は第12図に示すとおりで、大森川ダムおよび長沢ダムの水位の変化のあらゆる条件を観察し(第13図参照)最終的にポンプ水車の中心位置は、長沢ダム最低水位5m以下のところに設置された。

4.3 完全特性試験

ポンプ水車がポンプ運転を行っている際に、電動機電

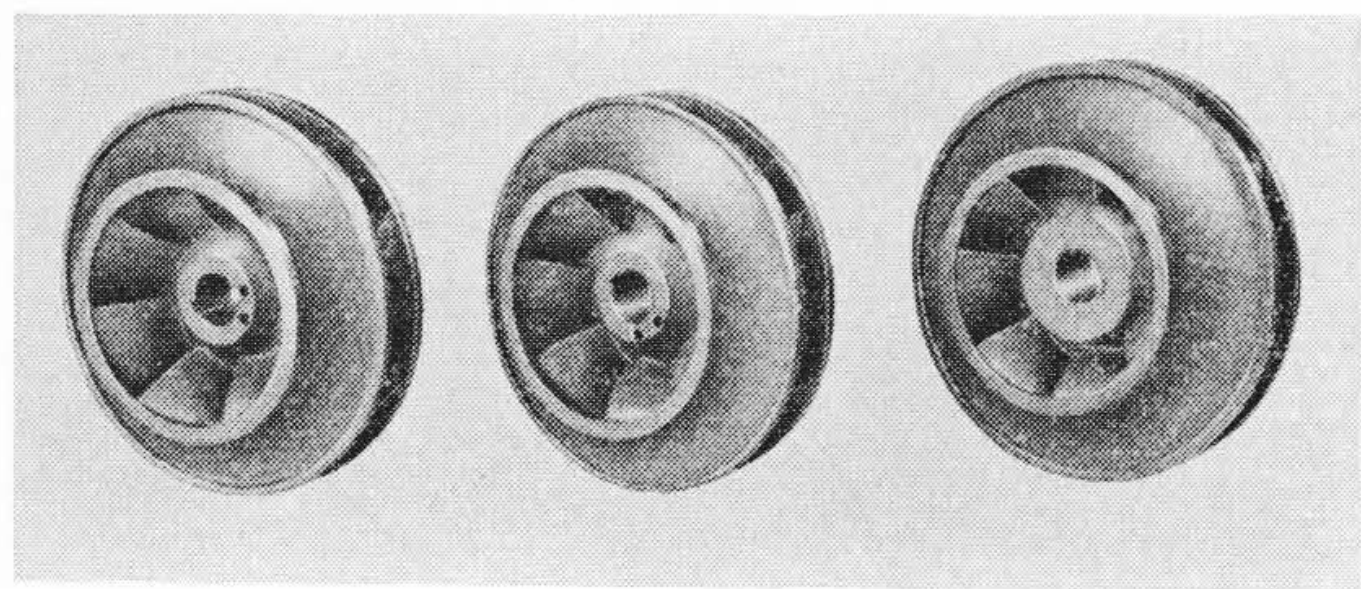


第10図 大森川発電所実物ポンプ予想性能曲線

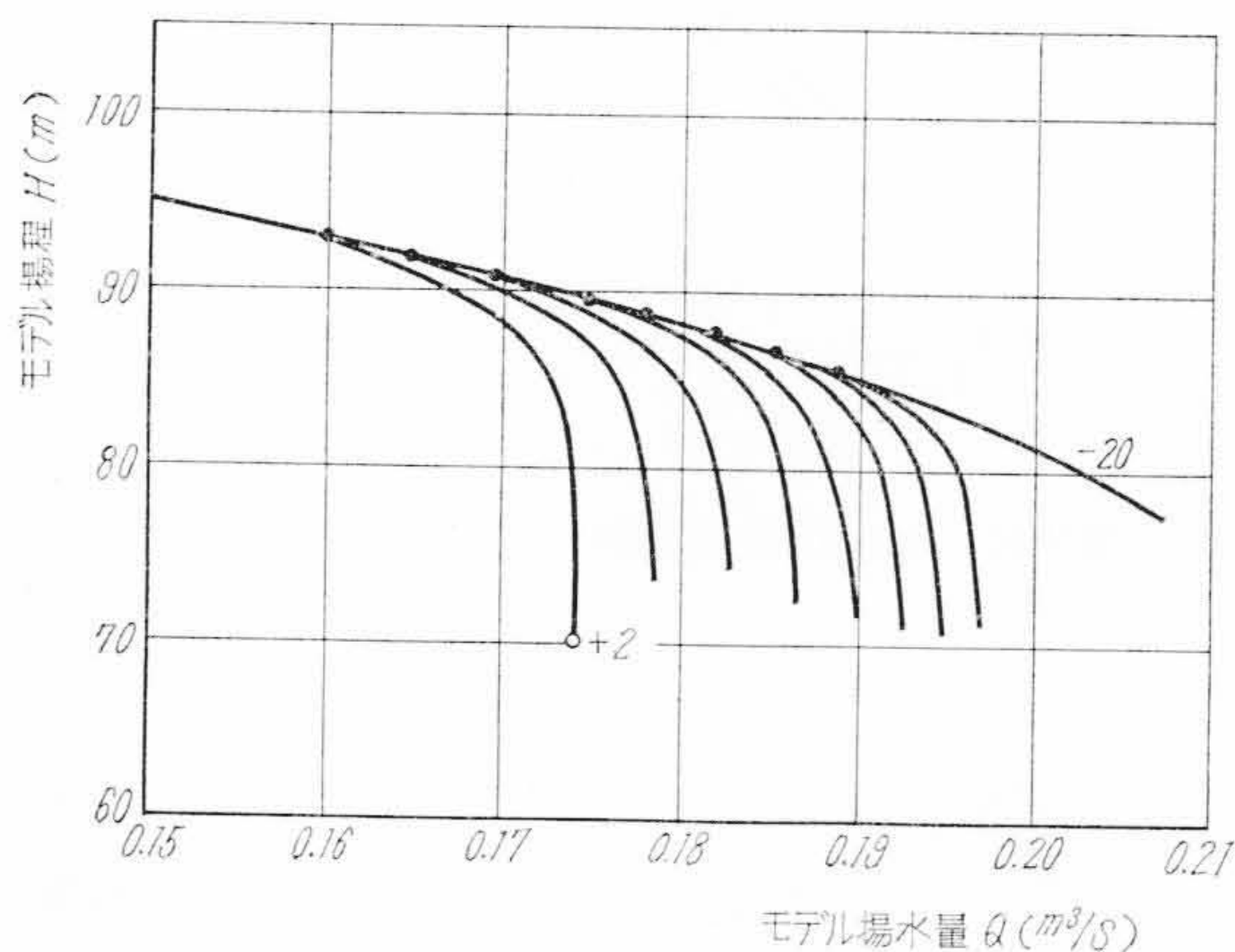
源がシャ断された場合、もし案内羽根および吐出弁(入口弁)が開いたままとすれば、揚水の状態を正転正流として、正転正流→正転逆流→逆転逆流(すなわち水車運転)の経過をたどり、ついには水車の無拘束速度に達する。

この過渡的状态を含む全領域特性を一般に完全特性と称しているが、この特性はサージタンクの容量決定上非常に重要である。すなわちサージタンクは、電動機電源がシャ断されたとき揚水量が急激に減少して逆流するに至った場合でも、サージタンクの水位降下により、鉄管に空気を吸い込むことがないよう十分大きな容量とすべきである。

自動操作系統に特別な故障でもない限り、電動機電源



第11図 ポンプ水車モデルランナの一例



第12図 ポンプのキャビテーション特性

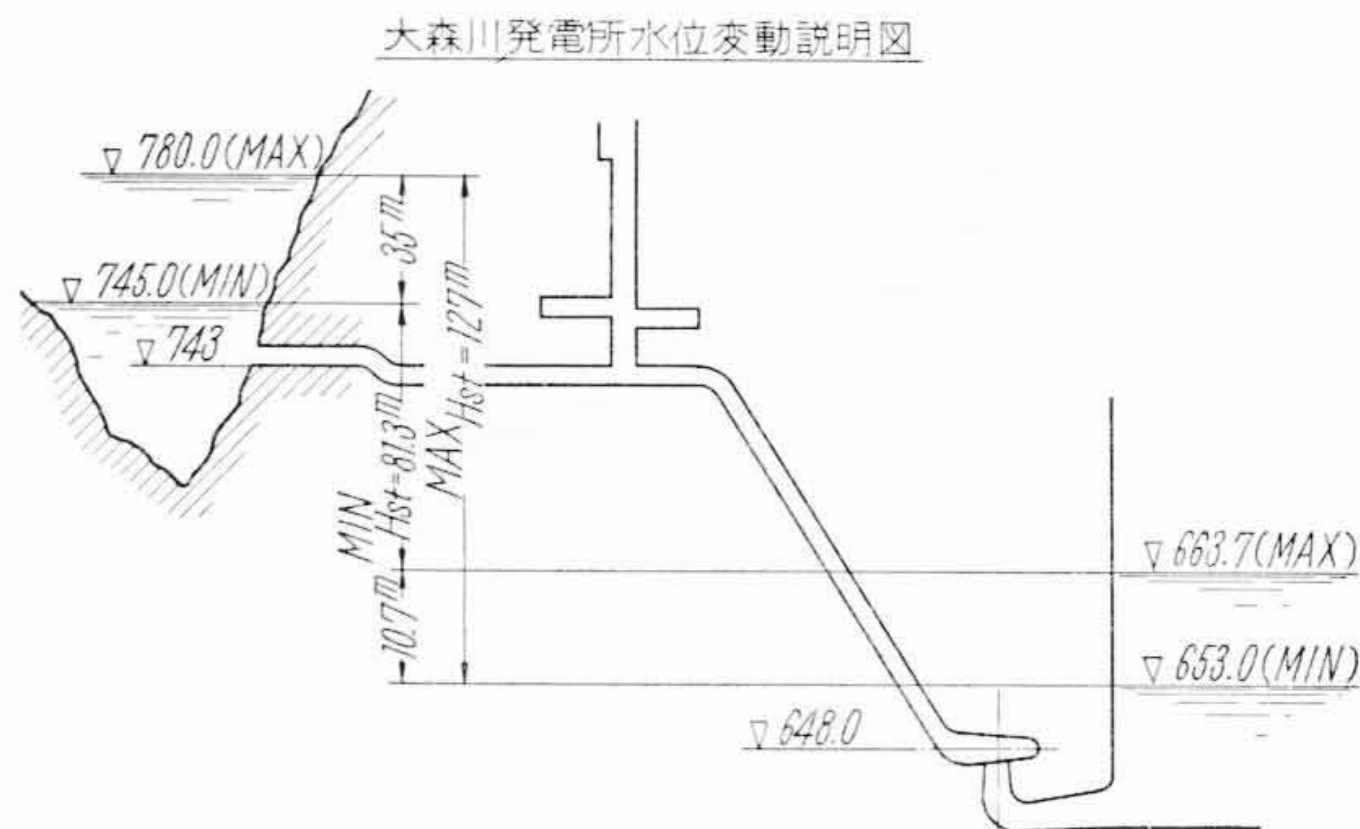
そう失と同時にガイドベーンは閉鎖するようになっているが、最悪の条件を考慮して、ガイドベーン全開のままでもなお安全とするためにサージタンクは第14図のような形状とされた。また完全特性試験の結果は第15図のとおりである。

4.4 特殊試験

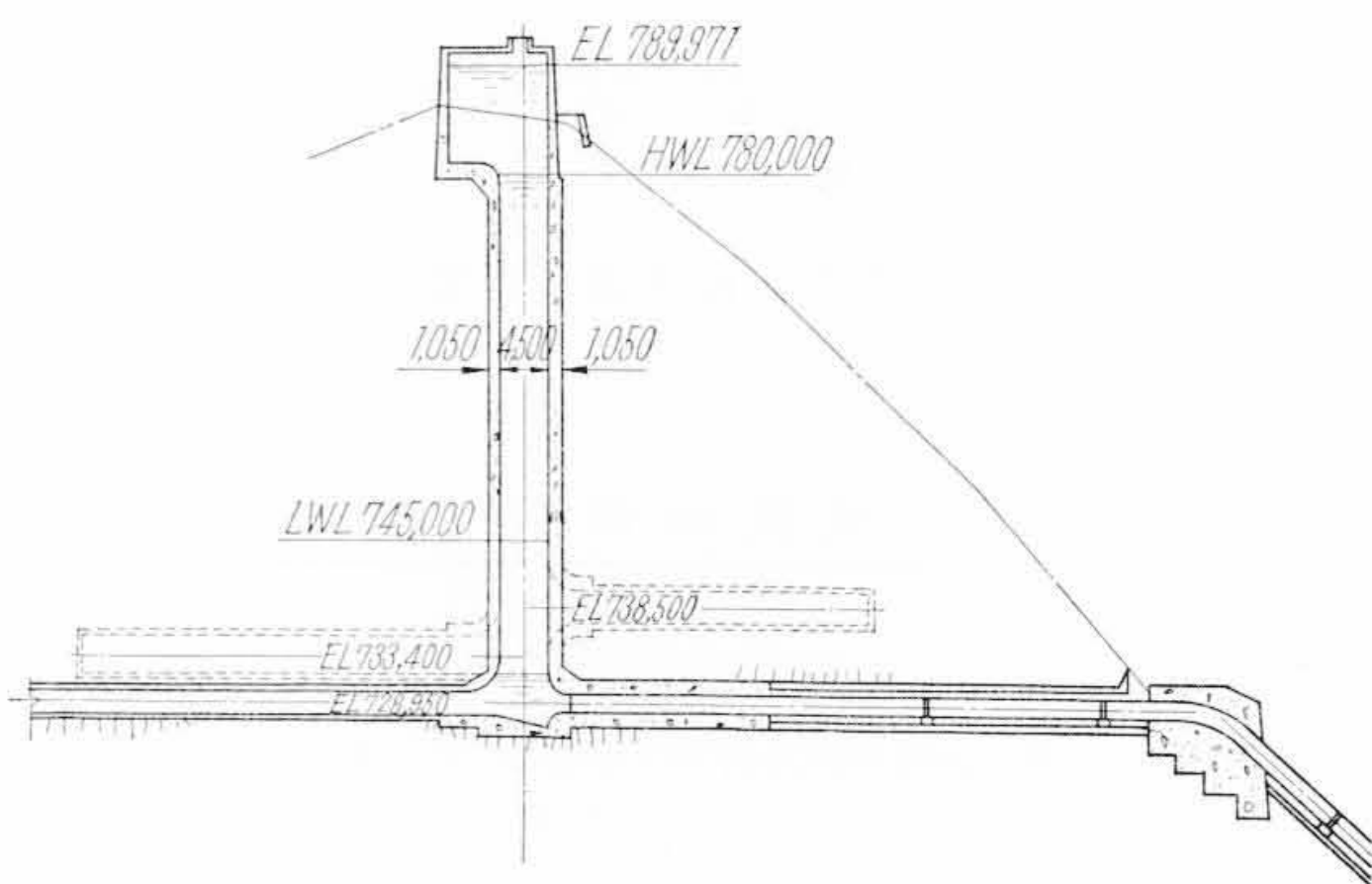
効率、キャビテーションなどの性能試験のほか、実物ポンプ水車の製作に当り、広範な模型試験を実施したがその代表的なものはポンプ起動時の特性試験、案内羽根開閉力試験などである。

ポンプ起動に当り、電動機に要求される起動トルクを減少させるため、水面押下げによるいわゆる空転起動方式を採用したが、起動後、規定回転に達したポンプ水車に水が充水される時の過渡状態を調べるために起動特性試験を行った。この試験の結果一たん水がランナにふれると、わずかの時間でケーシング内は満水し、ただちに締切り圧力に相当する水圧が得られ、この間特異な振動もみられぬことが確認された。第16図に模型ならびに実物の起動時過渡特性試験のオシログラフ測定結果の一例を示す。

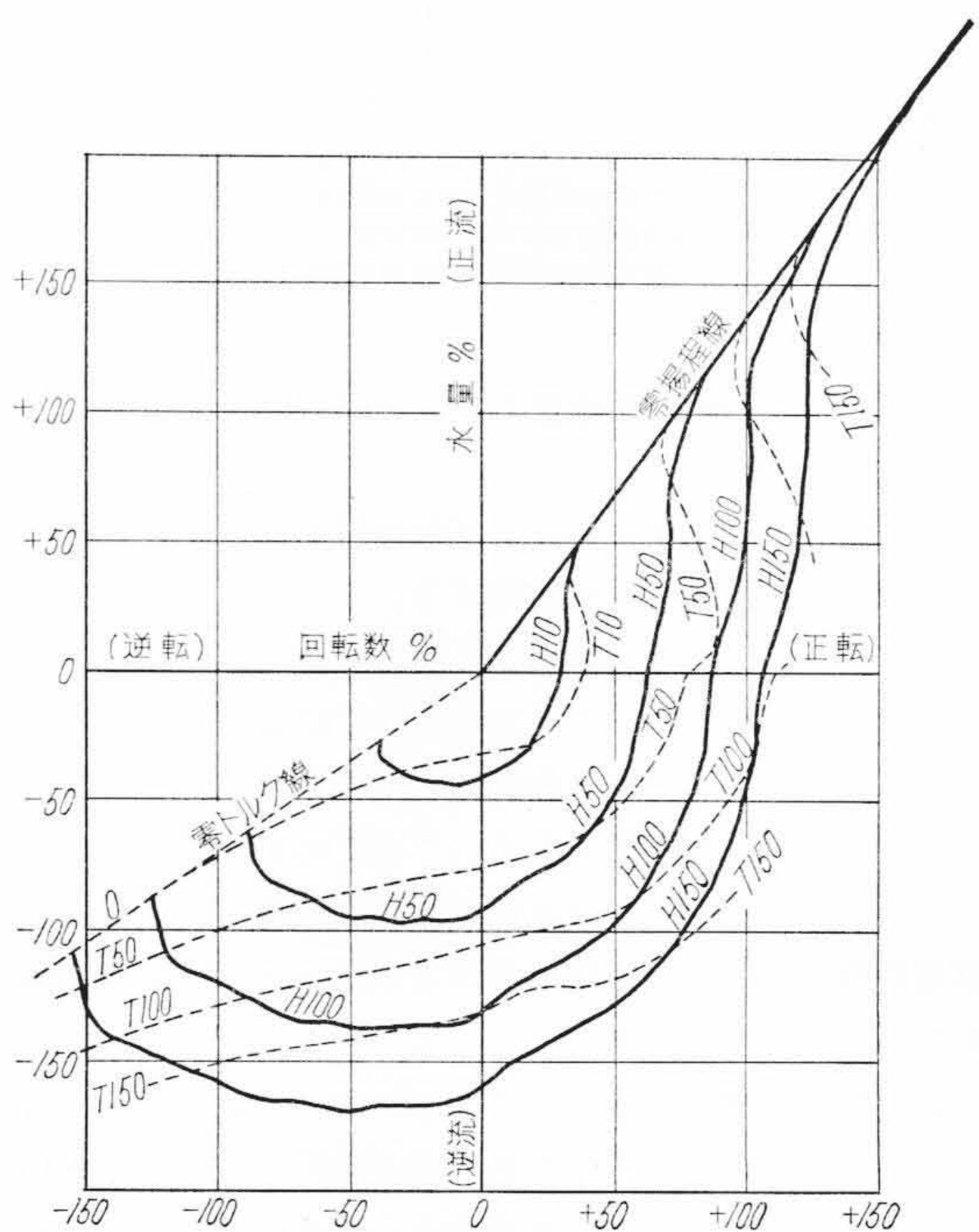
また、水車における案内羽根の開閉力については、すでに多くの実験研究があり明確であるが、ポンプに対しては可動案内羽根の設けられている実例も少なく、案内



第13図 上部貯水池，下部貯水池の水位説明図

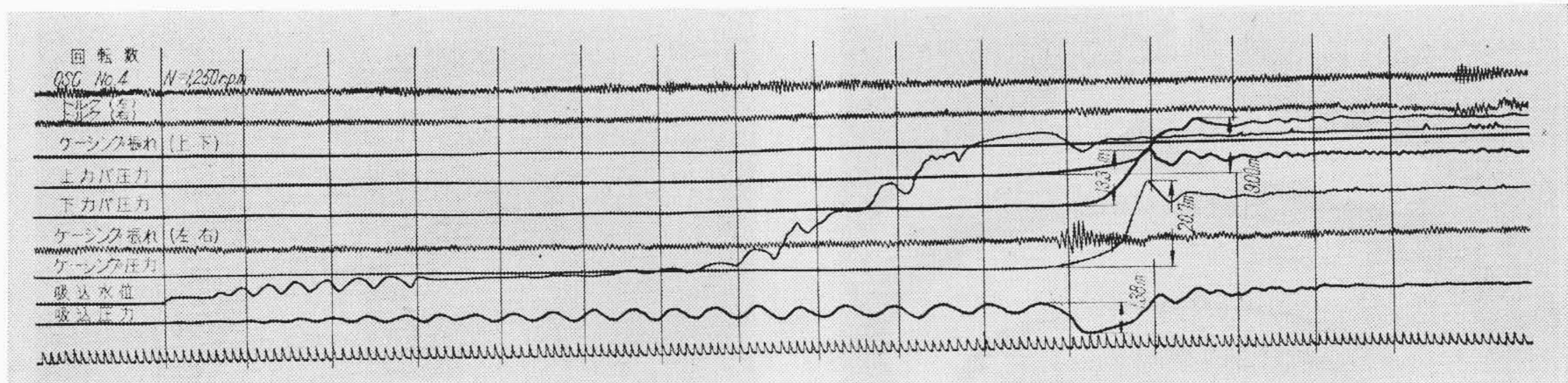


第14図 サージタンク構造図

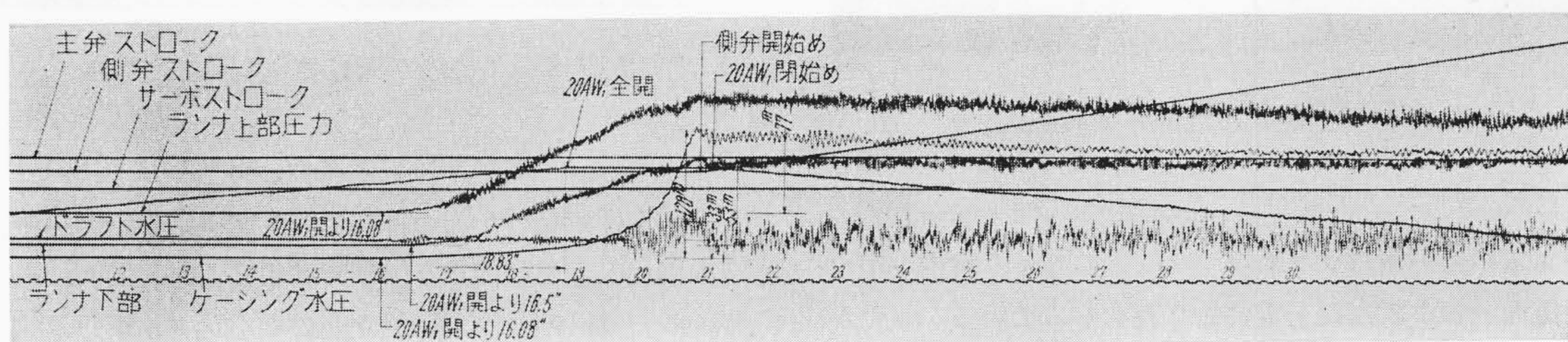


実線は等揚程曲線，点線は等トルク曲線を示す。
案内羽根開度は75%の性能を示す。T, Hは
それぞれトルク，揚程を，数字はその%を示す。

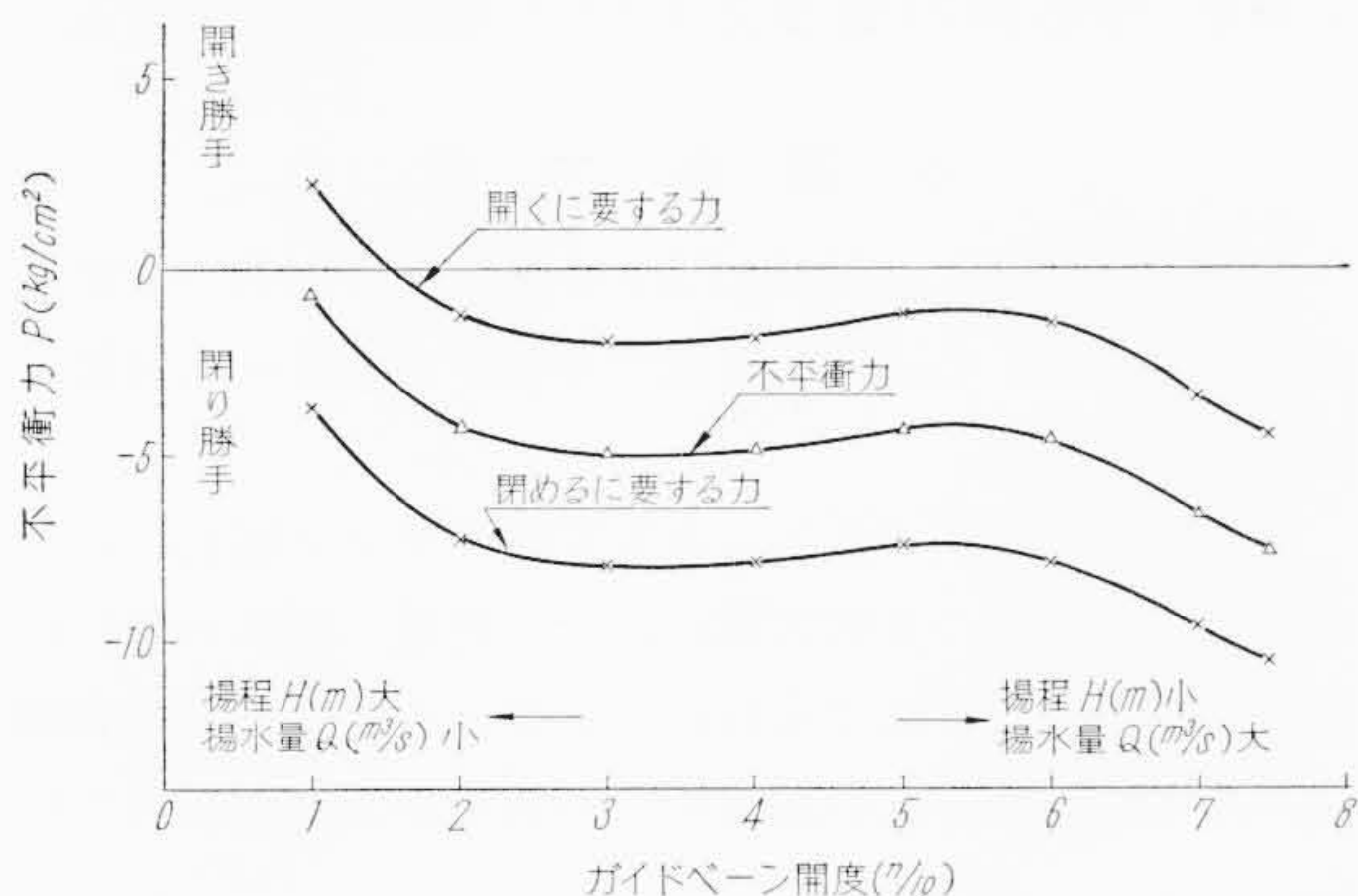
第15図 ポンプ水車の完全特性線図



第16図A ポンプ水車のポンプ起動時過渡特性オシログラム(模型試験結果)



第16図B ポンプ水車のポンプ起動時過渡特性オシログラム(実物試験結果)



第17図 ポンプ水車のポンプ運転時開閉力曲線

羽根の開閉に要する力を模型により実測した。実物案内羽根に対しては、模型と実物の下記関係式により、案内羽根を回転せしめるに要する力を推定することができる。

すなわち、模型縮尺比を d/D 、模型および実物の落差、回転数をそれぞれ h, H, n, N とすれば、それぞれの案内羽根開閉力 m, M

$$\frac{M}{m} = \left(\frac{D}{d} \right)^3 \left(\frac{H}{h} \right)$$

しかるに

$$\frac{H}{h} = \left(\frac{D}{d} \right)^2 \left(\frac{N}{n} \right)^2$$

したがって

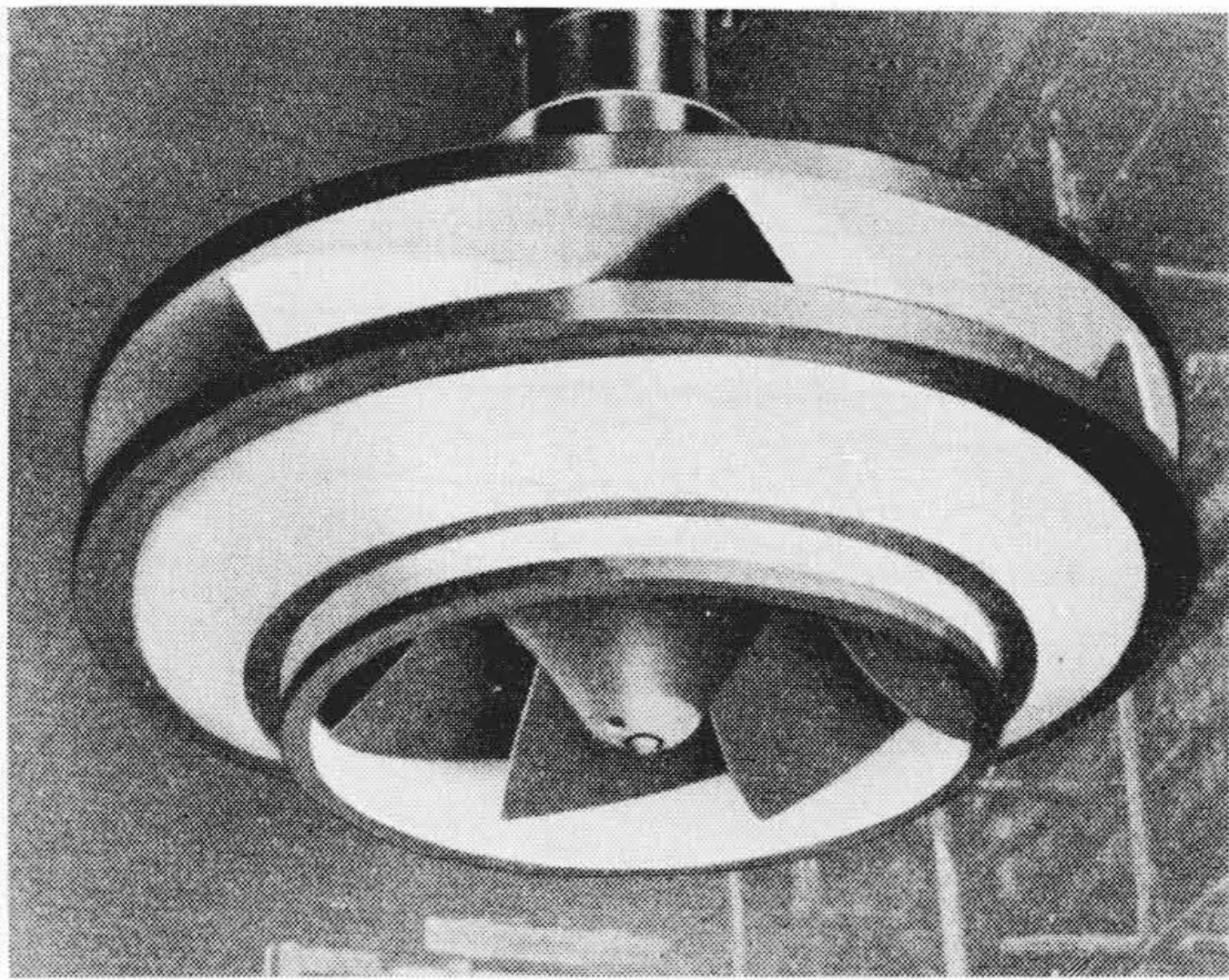
$$\frac{M}{m} = \left(\frac{D}{d} \right)^5 \left(\frac{N}{n} \right)^2$$

m を模型につき実測して上式を適用すると、実物案内羽根の所要回転力を求め得るが、これをさらに実物案内羽根サーボモータにかけるべき開閉の油圧に換算すると、各案内羽根開度における所要開閉油圧は第17図のとおりとなる。ポンプの場合は水車と異なり揚程が高くなると揚水量が一般に減少し、案内羽根に作用する力は水圧とそこを流れる流量に関係するゆえ、揚程の変化によって、各開度の所要操作力の傾向が異なる。第17図は揚程を一定に保った場合の所要操作力を案内羽根サーボモータの油圧に換算した値を示す。

また可逆ポンプ水車の主軸受は正逆両方向の回転において安全でなければならないため、特に油溝の形状についての模型試験を行った。形状として考えられる垂直溝、八形溝、X形溝の3種について行ったが、モデルメタルの大きさは実物の $1/1.47$ の円筒形軸受としおの 400, 500, 600 rpm における油の吸上状況、油温変化、軸受温度などを測定した結果、X形溝が最もよい結果を示し、実物にこれを採用した。

5. ポンプ水車の構造

通常のポンプでは従来可動案内羽根を設けた例はまれ



第18図 完成されたポンプ水車ランナ

であるが、可逆ポンプ水車では前述のとおり案内羽根は性能向上および運転上重要な意義をもっている。したがってポンプ水車の構造は普通形水車と類似の形状ではあるが普通水車に比し、ランナの外径が著しく大きいので、水車全体が扁平な形状となっている。以下各部の構造について略記する

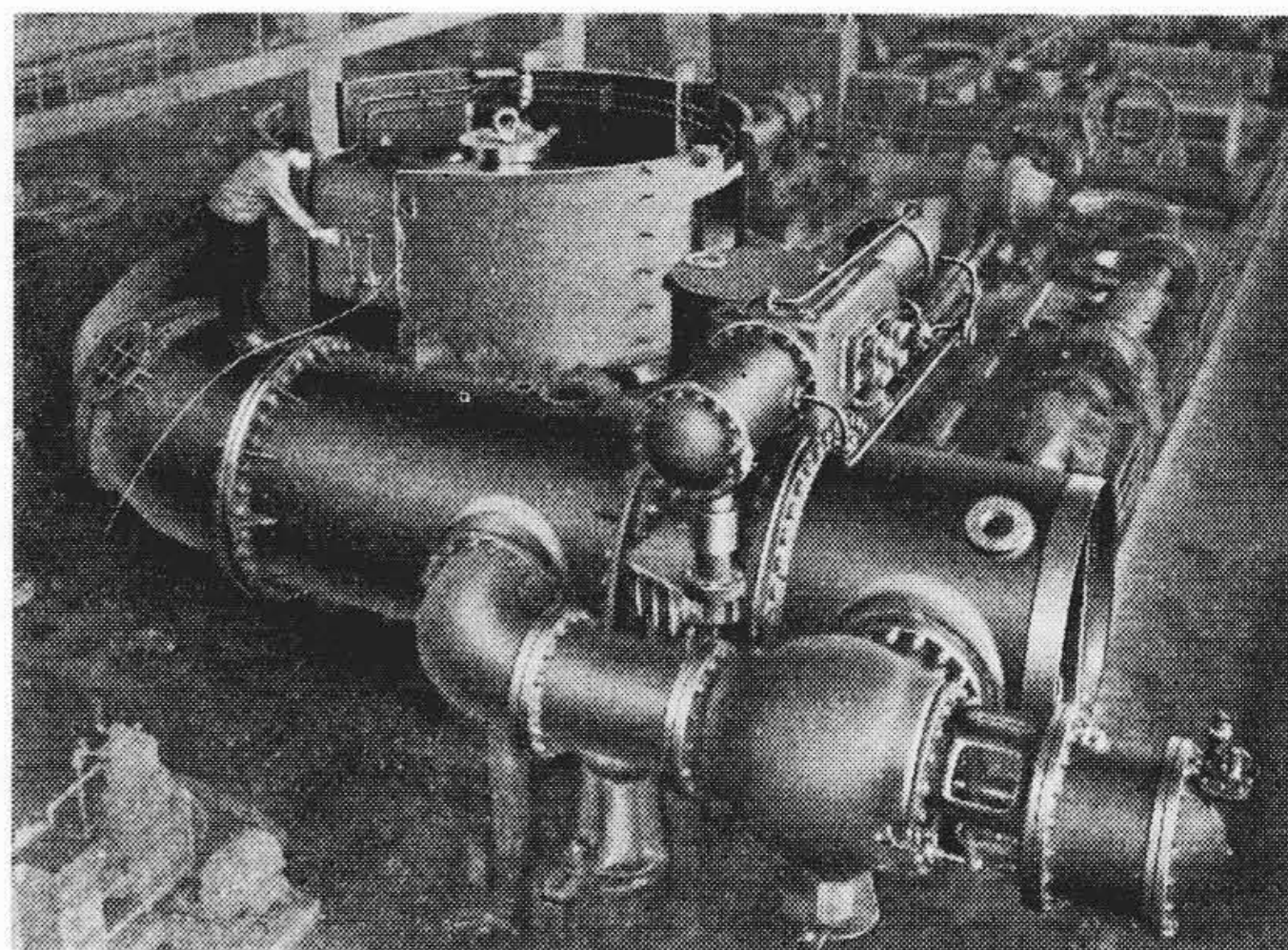
うず巻きケーシングは入口径 1,600 mm で、スピードリングと一体の鋼板熔接製で、フランジ接続構造である。ケーシング内の水の流れは水車では縮小流であるが、ポンプにおいては拡大流であるため、その断面変化には特に注意を要する。スピードリングには案内羽根の数と同じ 12 枚のステーブーンが設けられている。

案内羽根は 13Cr 鋳鋼製でその軸は上下カバーに設けられた軸受によりささえられているが、軸受面積を十分にとるために軸両端は軸受を貫通させる構造を採用した。

ランナは 13Cr 鋳鋼製で、外径約 2,300 mm、羽根枚数は 7 枚である。クラウンおよびシュラウドリング外周には普通水車ランナと同様、取替可能なランナライナを付してある。また通常水車ランナにて、ランナ背圧を減少せしめるためにもうけているバランスホールはポンプ運転に対する影響を考慮してこれをもうけず、水車上カバーにとりつけたバランスパイプによって、ランナ背部にかかる圧力を吸出管側ににがしている。第18図は発電所現地において水車に投入されんとするランナである。

主軸受は油自蔵式の円筒軸受を採用している。正逆両方向の回転に対し十分安全なようにするため、油溝の切り方などについても模型試験により研究された成果がとり入れられている。

その他ポンプ水車特有の装置として、水面押下げ装置、



第19図 工場組立完成されたポンプ水車

水面押下げ解除のための排気装置、案内羽根鎖錠装置、案内羽根保護用の弱点ピン切断警報装置などが設けられている。第19図は工場組立完成のポンプ水車を示す。なお、入口弁は蝶形弁が用いられ、側路弁としてニードルバルブが使用されている。

第20、21図は大森川発電所のすえ付平面図、すえ付断面図を、また第22図は完成された発電所全景である。

6. 運 転 方 式

大森川発電所は、将来約 7.5 km 離れた分水第一発電所を親発電所として遠方監視制御運転ができる一人制御自動発電所である。

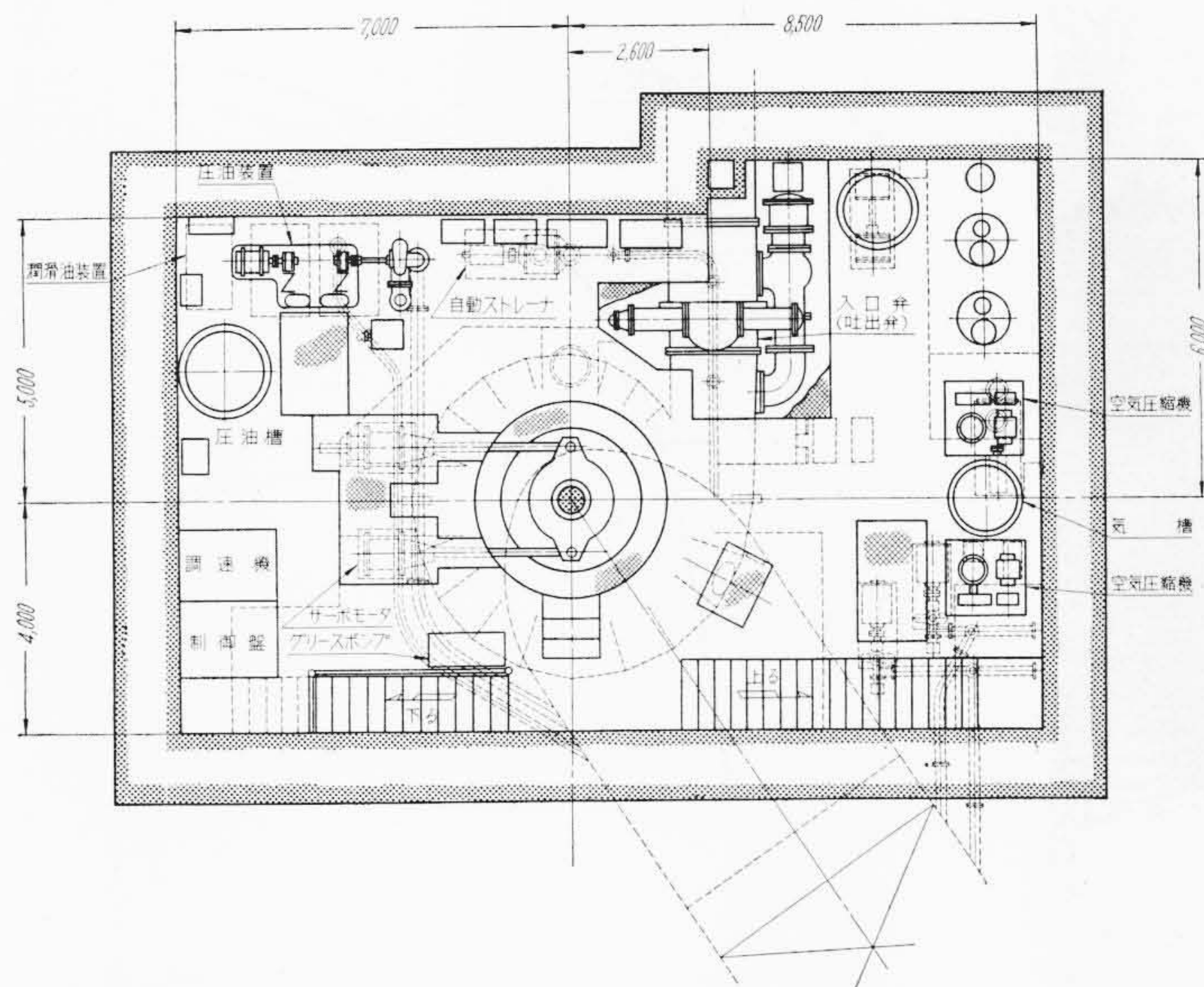
制御方式を大別すると、水車運転とポンプ運転にわけられるが、系統の負荷状態に応じて発電、揚水が行われその切替えは毎日にも行われることを予想して短時間の間に両者の切替えが確実に行われるよう配慮されている。

発電の場合は一般の水力発電所と同様、案内羽根の開度により出力が調節され、揚水の場合はその時の揚程に応じて、揚水量が最大となるよう案内羽根開度が調節される。なお調速機は日立電気式調速機が採用されており、電気部品をまとめたレギュレータキュービクルは配電盤室に設置し、機械部分をまとめたアクチュエーターキュービクルは操作盤と並置して水車室に設置されている。

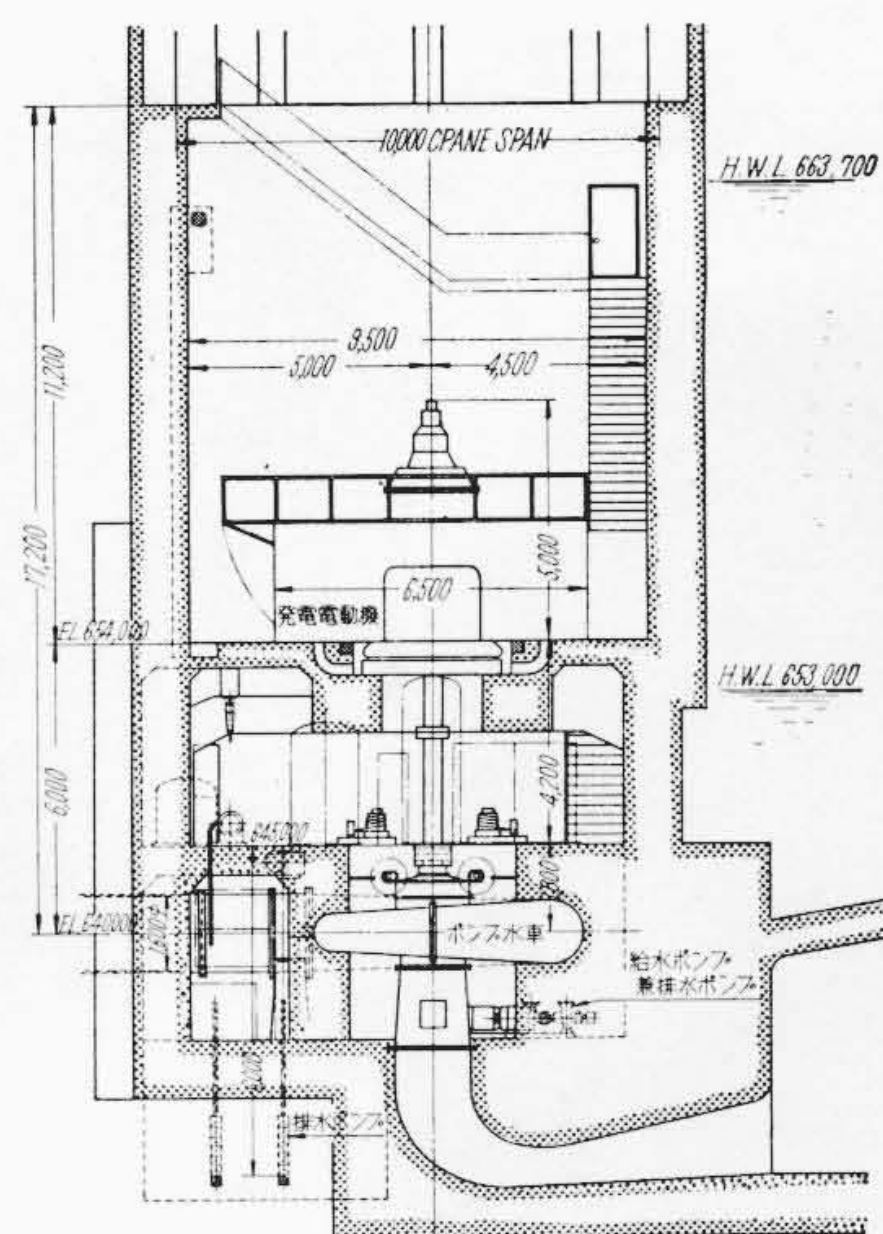
発電および揚水の運転制御方式の詳細は別稿にゆずり、ここにはポンプ水車として特に考慮をはらった点につき説明する。

(1) 発 電

発電運転については通常の水車と異なるところはないが、ポンプ水車の特長として、落差の変動により起動開度、無負荷開度が相当大幅にかわるので、水位差調整器



第20図 すえ付平面図



第21図 すえ付断面図

により、放水路、上水槽間の水位差に応じて案内羽根の無負荷開度が自動的に調整できるようになっている。

(2) 揚 水

「準備」の段階にて

ポンプケーシングに圧縮空気が送入され、水面をランナ下面以下まで押下げかつランナ外周には冷却水を通ずる。

「起動」

低電圧起動、全電圧同期方式を採用し、起動の段階では電動機起動トルクを減らすために、推力軸受に圧油を送入する。

「揚水」の段階では

ポンプケーシング内の圧縮空気は自動排気弁を通じて大気中に放出される。かくしてケーシング内に水圧が生ずれば側弁が開き、ついで主弁が全開されて揚水をはじめ。

停止操作は、水車と同様「普通停止」「非常停止」「急停止」にわけられるが、「普通停止」では案内羽根を小開の開度まで負荷制限電動機によりしめてから並列をとぎ、「非常停止」では並列を開路すると同時に案内羽根、主弁を急閉鎖する。また「急停止」では発電の時の急停止と同様順序で停止に至る。

以上のとおり操作順序を略図をもつて示すと第23図のとおりとなる。

7. 現地試験結果

34年5月すえ付けが完了して、試運転は6月中旬、大森川ダムの湛水に先だちまずポンプ運転から開始された。

7月下旬には水車負荷試験を行い、水車、ポンプいずれの運転も好調に行えることが確認された。

7.1 ポンプ運転

ポンプでは通常揚水管の調節は行わないことになっているが、試験的に主入口弁閉のまま側路弁のみをあけて、揚水量 $2 \sim 3 \text{ m}^3/\text{s}$ (すなわち最大揚水量の約20%程度) というポンプとしては非常にかこくな運転を行ったが、そのような条件でも連続運転が可能である。また最低揚程付近では流量測定の結果、 $13 \text{ m}^3/\text{s}$ の揚水量が確認され、かつ最大流量付近の運転でも特異な振動は全然感知されなかった。一般に懸念されている可動案内羽根の振動もなく、念のため設けた案内羽根固定装置も不要の状況にある。

ポンプ起動時の水面押下げは、下部貯水池満水位には押込み約15mに達するが、かかる最大押込み揚程時でも1～2分で水面押下げが可能である。

また揚水運転時の電動機入力遮断試験、および案内羽根不動作時の運転試験なども行い、ポンプ運転時に起りうるあらゆる条件に対して安全であることが確認された。

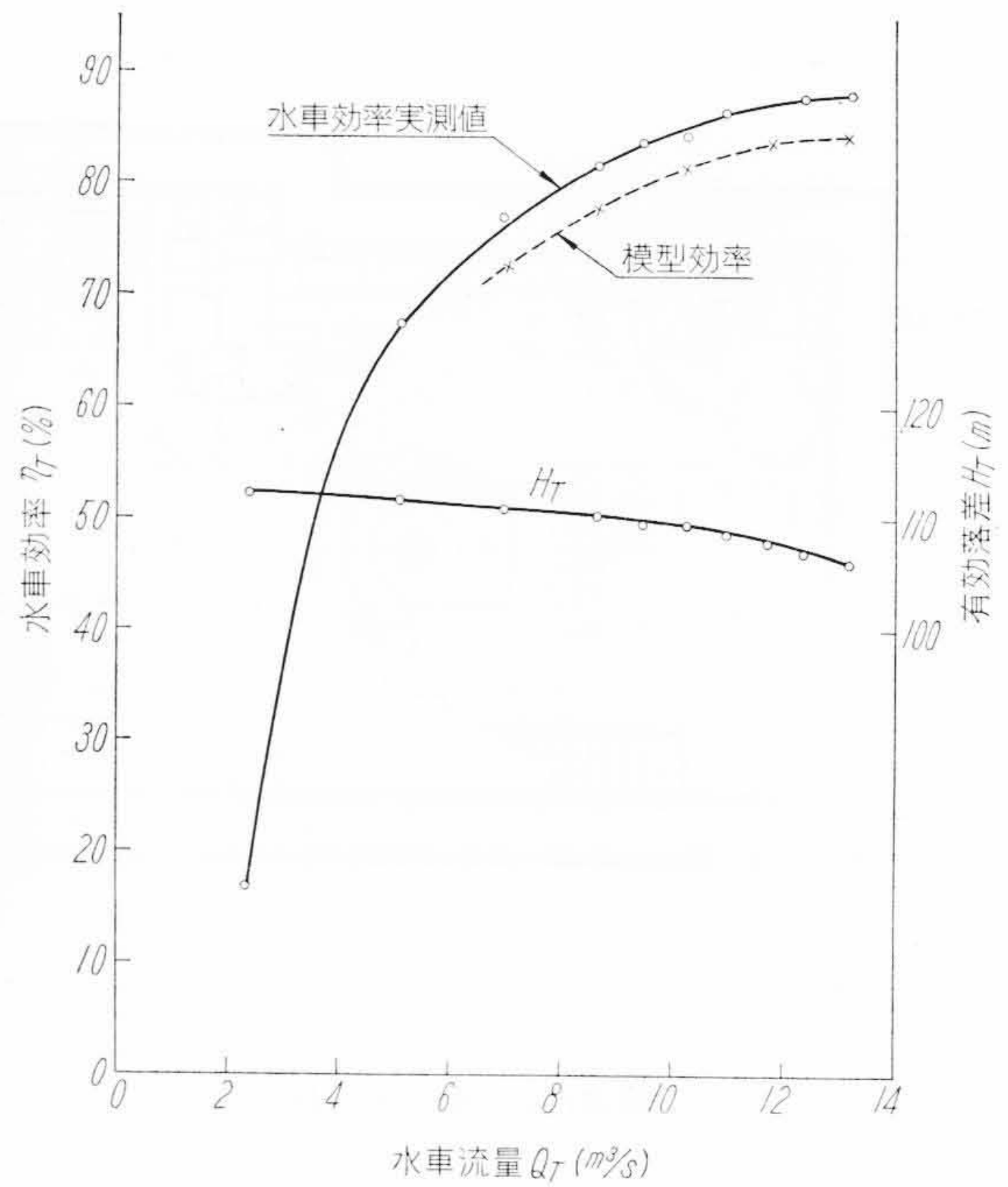
7.2 水車運転

水車運転についても最大水車出力12,200kWまでの負荷遮断試験が完了し、ポンプあるいは水車いずれにも自由に切替えが可能である。現地における性能試験の結果は第24、25図に示すように水車、ポンプとともに予想を上まわる値を示している。

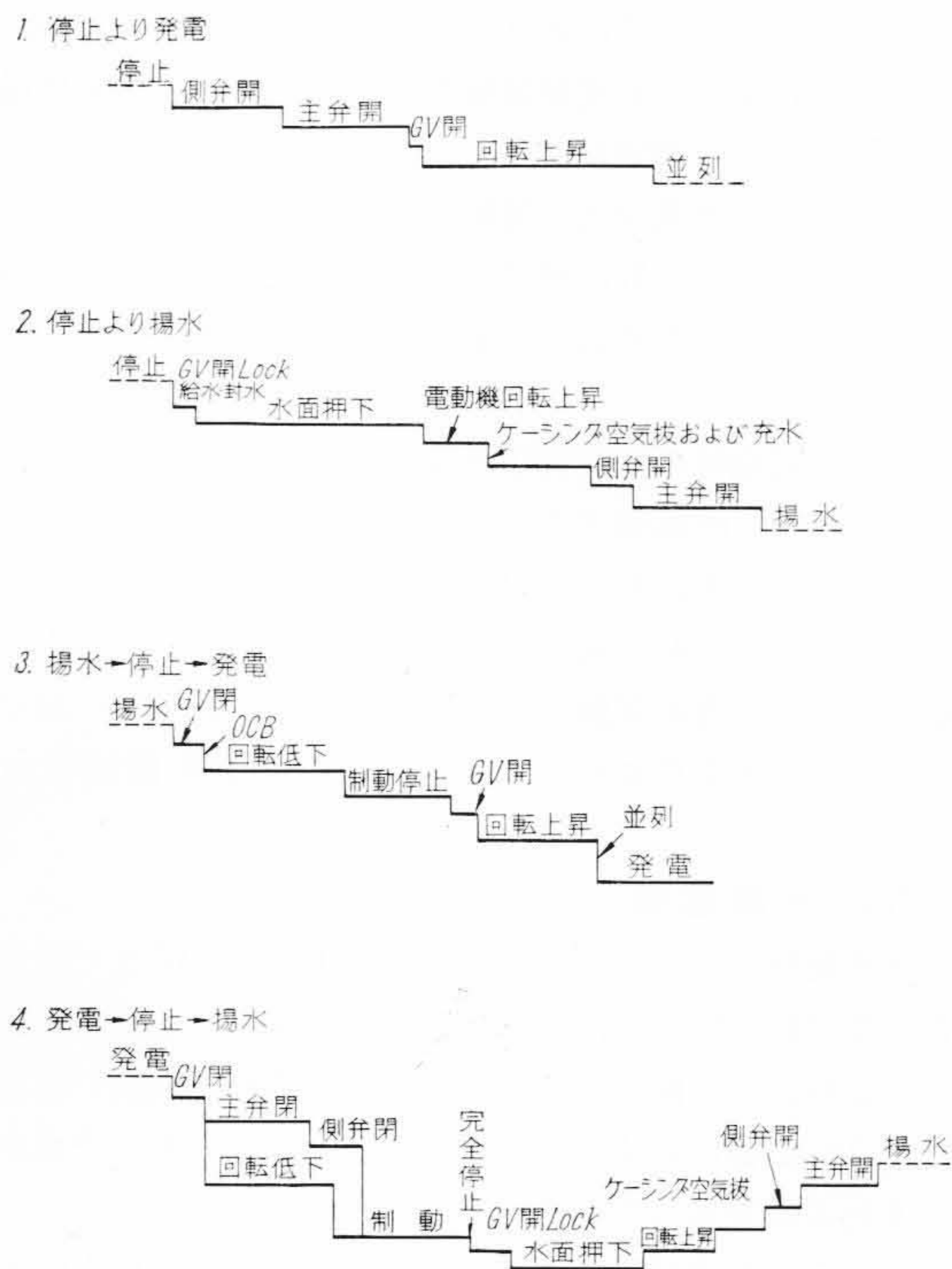
これらの現地試験の詳細については、いずれ稿を改め発表する予定である。



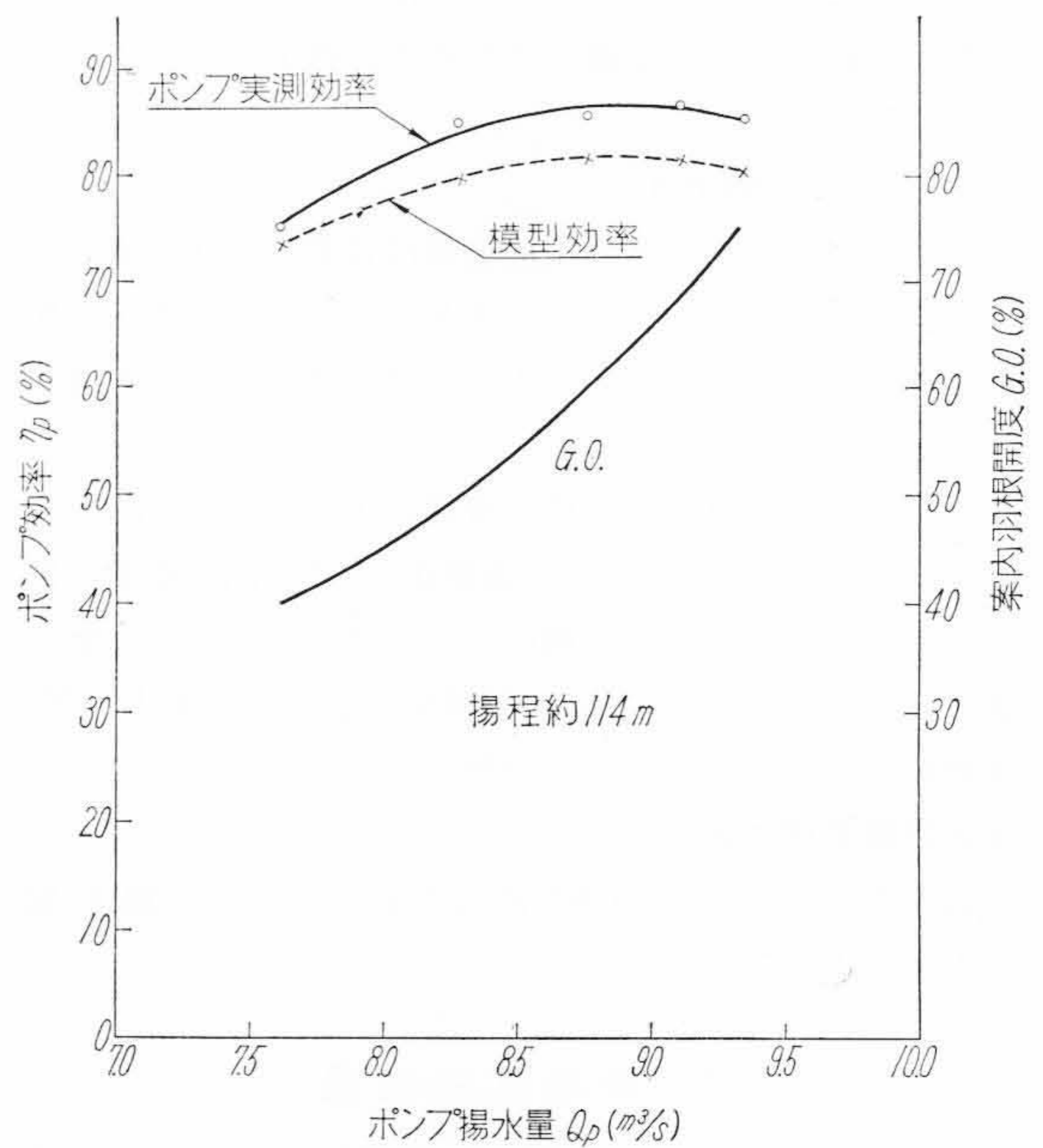
第22図 完成された発電所全景



第24図 水車効率



第23図 ポンプ水車起動順次



第25図 ポンプ効率

8. 結 言

わが国最初の四国電力株式会社大森川発電所用ポンプ水車も8月下旬営業運転に入った。大森川発電所用ポンプ水車を対象とする模型試験は昭和30年後半よりはじめ数次にわたる試験過程を経て同一速度に適するポンプ水車ランナの設計、従来に例を見ない高落差または高揚程の揚水式発電所として設置された運転仕様に最も適する性能をもったランナが決定し、昭和32年実物機の製作に着手した。模型試験は効率、キャビテーションなどの基本特性のほか、全般特性、ポンプ起動試験、可逆軸受の研究などあらゆる角度からの試験研究を行い、その成果にもとづき実物機が製作されたもので、高揚程時の高能率運転を目的とした案内羽根開度の調節その他多くの新しい方式がとりいれられており、現地試験の結果もこれを裏書するような優秀な成績を納め得た。

揚水発電所としての可逆ポンプ水車が経済的観点から

また運転保守の点からも非常に有利であることは認められていたが、ここに揚程、落差とも100mをこえる可逆ポンプ水車の実現をみて、揚水発電所に対する可逆ポンプ水車の地位は一段と高められた。大容量揚水発電所建設の必要性が叫ばれている現在、大森川発電所建設成功の意義はきわめて大きく、また将来の大容量ポンプ水車の設計製作に対する確固たる基礎がきずかれたものと信ずる。

終りに本発電所の建設に当り、あるいは機器の製作に当り、貴重な指針を与えて下さった四国電力株式会社の関係者各位に本稿をかりて厚くお礼申しあげる次第である。

参 考 文 献

(1) F. Krisam: VDI 95, 11/12 (1959)
(2) 深栖ほか: 日立評論 39, 8 (昭 32-8)
(3) 外岡, 長沼: オーム (昭 34-2)
(4) 深栖, 長沼: 機械学会誌 62, 485 (昭 34-6)

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1)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
特 許	252964	交 流 電 気 車 用 主 変 圧 器	国 分 工 場	前 川 愛 一	34. 7. 3
"	252965	車 輜 空 気 ば ね 高 さ 制 御 装 置	笠 戸 工 場	村 田 師 男	"
"	252961	ク ラ ッ チ 付 複 胴 巻 上 機 の 手 動 自 動 運 転 装 置	亀 有 工 場	小 橋 正 俊 郎	"
"	252962	交 流 巻 上 機 の 非 常 制 動 装 置	亀 有 工 場	若 森 俊 健 昌	"
"	252963	ク ラ ッ チ 付 複 胴 巻 上 機 の 手 動 自 動 運 転 操 作 装 置	亀 有 工 場	五 十 嵐 尾 昭 二 史	"
特 許	252960	継 電 器 の 接 点	戸 塚 工 場	大 島 昭 昌 史	"
実 用 新 案	496686	磁 気 選 別 機	日 立 工 場	神 鳥 塚 昭 二 薫 郎	"
"	496737	電 磁 接 触 器 用 電 磁 石 の 可 動 鉄 心 支 持 装 置	日 立 工 場	西 口 見 二 正 明	34. 7. 6
"	496743	開 閉 器 操 作 把 手 制 動 装 置	日 立 工 場	鈴 木 沢 明 浄	"
"	496744	電 機 子 線 輪 下 り 止 め 装 置	日 立 工 場	角 田 勝 元 美 之	"
"	496745	電 磁 式 タ イ ム リ レ ー の 時 限 調 整 装 置	日 立 工 場	菅 野 政 雄	"
"	497924	案 内 軸 受 支 持 装 置	日 立 工 場	高 品 内 礼 博 治	"
"	497935	逆 流 弁	日 立 工 場	菊 地 弥 十 郎	34. 7. 28
"	497943	油 槽 内 の 鉄 粉 除 去 装 置	日 立 工 場	鈴 木 一 男	"
"	497949	大 型 タ ー ボ 発 電 装 置	日 立 工 場	有 井 英 俊	"
"	497951	高 速 度 回 転 電 機 軸 受 の 漏 油 防 止 装 置	日 立 工 場	鈴 木 正 城	"
"	497956	固 定 子 線 輪 端 部 緊 縛 装 置	日 立 工 場	菅 原 忍 之	"
実 用 新 案	497957	速 動 開 閉 装 置	日 立 工 場	菅 綿 引 誠 之 雄	"
				菅 野 政 雄	"
				高 品 内 礼 博 治	"

(第52頁へ続く)