

# 北陸電力・小俣堰堤発電所納入 チューブラタービンと発電機

設計部水力機械課 山 田 始  
設計部回転機第一課 中 田 隆 康  
設計部回転機第二課 吉 田 敬

## Tubular Water Turbine and AC Generator for Omata Dam Power Station of Hokuriku Electric Power Co., Inc.

By Hajime Yamada Takayasu Nakata Kei Yoshida  
(Hydraulic Machine Sect.,) (Rotating Machine 1st Sect.,) (Rotating Machine 2nd Sect.,)  
Design Dep't. Design Dep't. Design Dep't.

### Synopsis

Recently, the tubular water turbine has been more and more adopted in our country. Now our Company manufactured a 3,350 kW tubular water turbine with a directly coupled 3,600 kVA generator, Projecting this power station, we compared the turbine and generator directly coupling system, and the speed-up one by the gear mechanism. we concluded that the direct coupling system was more profitable for this power station. Concerning the installation system of these machines, we compared the bulb type and pit type, then we adopted the pit type as this generator had larger capacity. Before we designed this water turbine and dispersion value, we have tested efficiency test, cavitation test, dispersion test and etc. by the model water turbine. By these tests we have gained many usefull data.

As the air cooler of this generator we used the turbine casing, then there were no conventional air cooler. Because this cooling system make it possible to enlarge the cooling surface of the air cooler, this system shows the special merit for the large tubular turbine set.

### I. ま え が き

横軸円筒可動羽根プロペラ水車(チューブラタービン)が欧州で初めて実用化されてから、すでに 20 数年経過したが、最近またこの種水車の研究が活発となり、新形のチューブラタービンの試作も数箇所完成し、いよいよ実用段階に入ってきた。わが国においても残された水力資源として低落差地点が着目され始め、従来は建設費が割高なため、無視されていた低落差水力を最も経済的に利用できる水車としてチューブラタービンが一躍脚光を浴びてきた。当社でも早くからこの種水車をとりあげ開発に努力してきたが、その 1 号機として、わが国最大容量の小俣堰堤発電所向機器を設計製作した。本機是水車、発電機ともに幾多のすぐれた特長を有するものである。

### II. 発 電 所 概 要

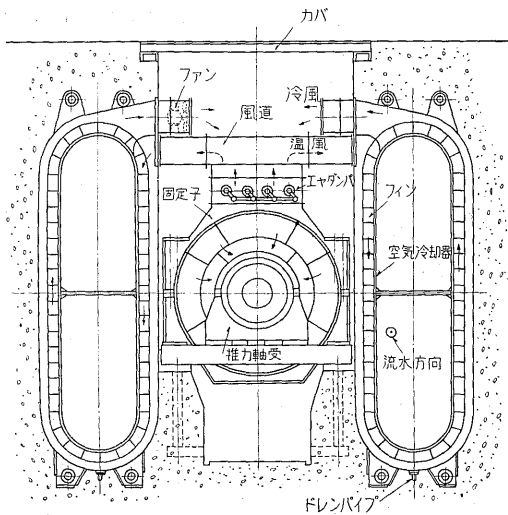
常願寺川有峰貯水池発電計画の一環として計画された北陸電力・小俣堰堤発電所向機器は優秀な成績で社内試験を完了し、すでに現地運転を開始しており、横軸円筒可動羽根プロペラ水車としてはわが国最大の容量のもの

である。

小俣堰堤発電所は新中地山発電所の下流の小俣ダム調整池に建設され、同時にその放水路は直ちに小俣発電所の取入口に当り、新中地山発電所から遠隔制御される無人発電所である。この発電所は下流小俣発電所の導水路が地形上および地質上から圧力トンネルにすることができず、したがって自然流下式の水路にするより以外なかったために、逆調整池と小俣堰堤発電所の取入口間の落差を利用してできるだけ有効に発電しようとする目的で計画された。小俣ダム調整池と小俣発電所の取入口間の利用落差は最高 13 m から最低 2.0 m まで変化し、水車は低落差で大水量を呑み、しかも建設費をできるだけ安くするために、横軸円筒可動羽根プロペラ水車が採用された。また下流小俣発電所には常に必要な水量を流さなければならず、このため特に低落差において水車で使用する水量だけでは不足するので、発電所と平行に放流弁を設け、減勢池でエネルギーをなくした水を水車の放水路に合流させ、小俣発電所に流すように計画されている。

小俣堰堤発電所向機器は当社独特の新しい考案を盛り込み現在わが国で製作されているものと相当異なった点





第3図 発電機正面図  
Fig. 3. Front view of generator

はその上方を走行するので、カバを取りはずすと発電機を吊り出すことができる。

発電機軸は水車軸に直結し、この二つの軸は上流側から推力軸受(案内軸受を兼ねる)、案内軸受、水車軸受で三点支持される。推力軸受には上流側に向けてランナ操作給油装置が取り付けられ、発電機軸と水車軸のカップリング内部にはランナサーボモータが收容される。スリップリングは推力軸受と発電機回転子の間の軸に、永久磁石発電機は案内軸受とカップリングとの間に設けられる。固定子上部は第3図に示すように、エヤダンパ、T形風道を介して空気冷却器につながる。発電機ピット上面は分割取りはらずし可能な気密カバによっておおわれ、ピットへの出入のために階段が設けられている。

#### IV. 水 車

##### 1. 概 要

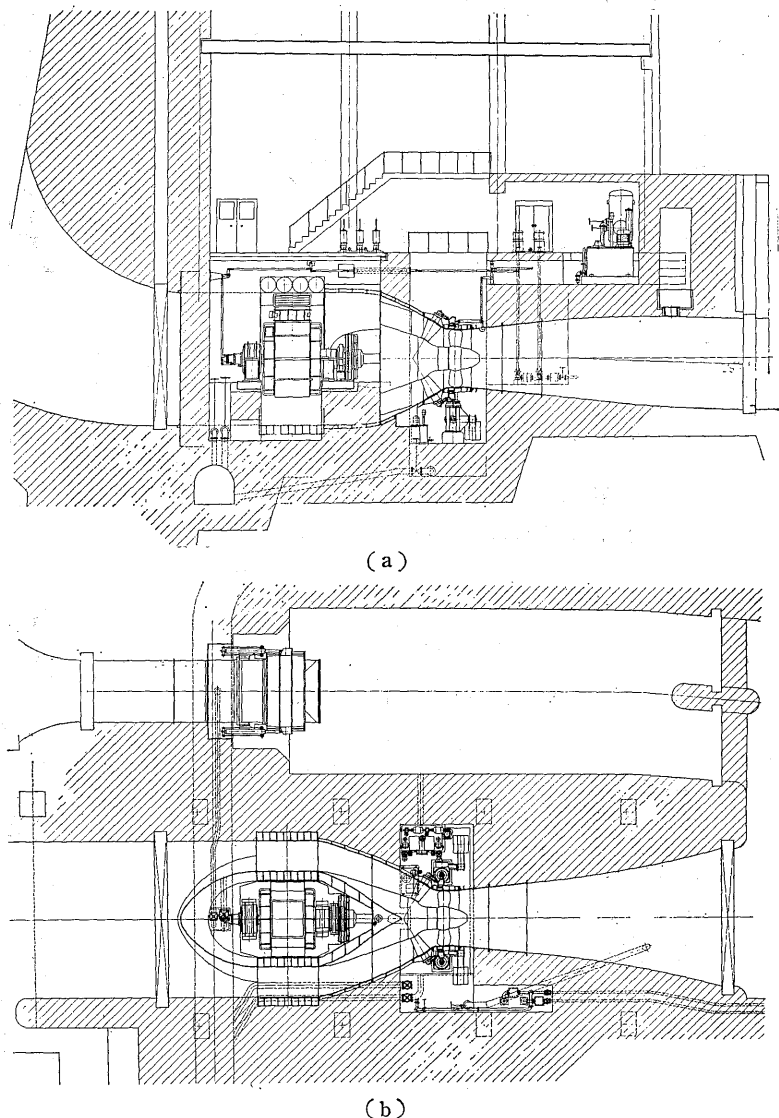
水車の製作にあたって、チューブラタービン用に特にランナおよび案内羽根を新しく開発し、前述の水車への流入路をも含めて模型試験を行ない、優秀な成績を得、充分な確信のもとに着手した。

水車仕様は下記に示すとおりである。

形式 横軸円筒可動羽根プロペラ水車  
有効落差 13 m~4.5 m  
流量 最大 30 m<sup>3</sup>/s  
回転速度 200 rpm  
無拘束速度 630 rpm  
機械配置は第4図に示す。

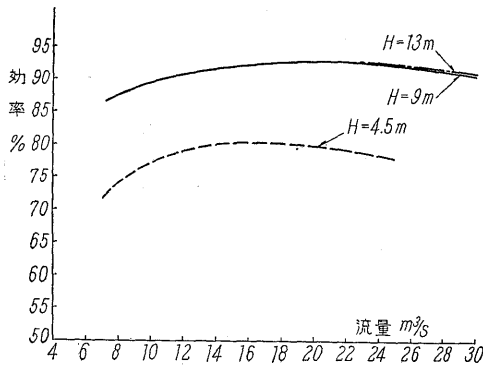
##### 2. 模型試験

本水車はチューブラタービンとしてはわが国最大容量であり、かつピット形を採用した最初のもので、その模型試験は効率、キャビテーションおよび無拘束速度について慎重に実施された。また案内羽根はランナに突入する水に適切な旋回流を与えるためにひねりを与えた三次元羽根であり、案内羽根サーボモータ容量決定に必要な開閉力に対しても合わせて実験されている。

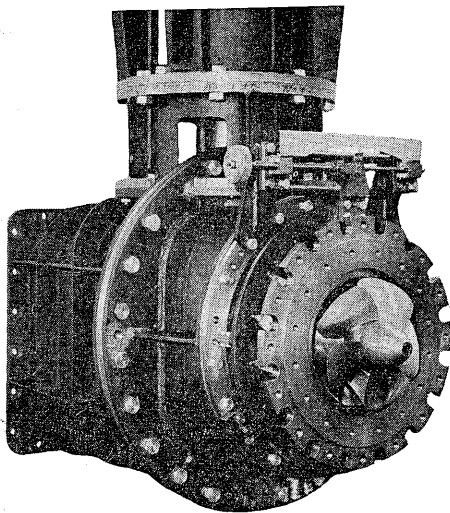


第4図 機械配置図  
Fig. 4. Machine arrangement

効率試験はランナ径 250mm 有効落差 3m にて試験した。模型の最高効率は 89.5% を示し Moody  $\frac{1}{2}$  乗式による実物換算は 93.2% という高い数値を示すことになる。効率試験の換算効率を第 5 図に示す。キャビテーション試験は効率試験と同一の模型すなわちランナ径 250mm $\phi$  で、かつ横軸にして行なった。 $\sigma$  の値の計算にはランナの上端における吸出高さを取り、実物に則した実験を行なっている。第 6 図はキャビテーションの模型を示し、第 7 図は試験時の外観を示す。結果は設備  $\sigma$  値では無気泡状態であり第 8 図 (a) にはその観察写真を示す。 $\sigma$  の値により無拘束速度が大きく左右されることは衆知のことであるが、このほかに羽根取付角度が無拘束速度に影響する。すなわち羽根の取付角度にばらつきのある場合、特にある特定の一枚が他のものより取付角度が小さい場合その影響が顕著にあらわれる。したがって当社では模型の精度もさることながら羽根取付角度に対しても特に厳密に検査している。



第 5 図 水車効率曲線  
Fig. 5. Efficiency curve of turbine

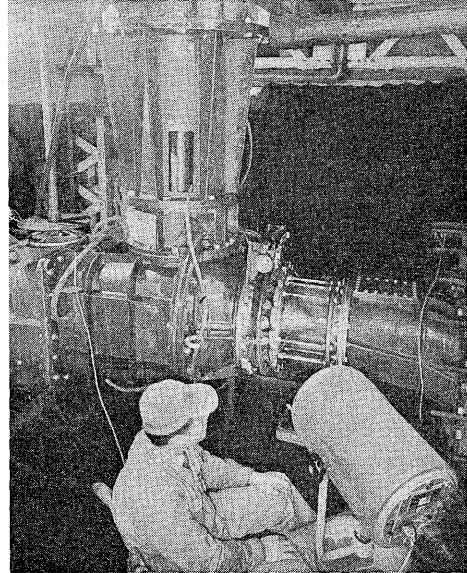


第 6 図 模型水車  
Fig. 6. Model turbine

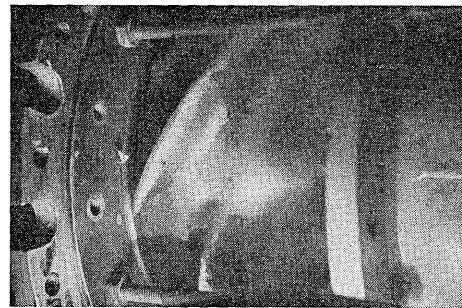
第 9 図は  $\sigma$  に対する無拘束速度の変化を示し、第 10 図は最高の速度に達した位置における観察写真を示す。

### 3. 構造

本水車は直結方式を採用したため、構造的にはあたかも従来、一般に立て軸カプラン水車で採用してきた構造をそのまま横軸にしたような構造である。この点立て軸カプラン水車で充分経験をつんできた事柄をそのまま適



第 7 図 模型水車試験  
Fig. 7. Model test

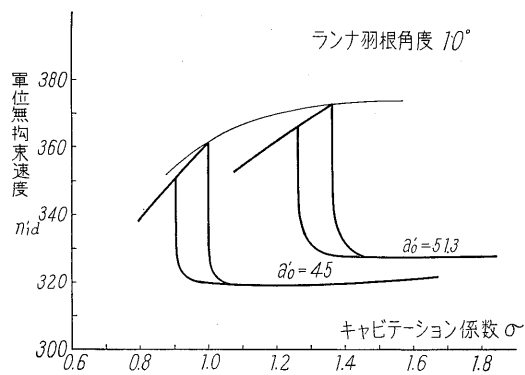


(a) 設備の  $\sigma$  の状態における観察



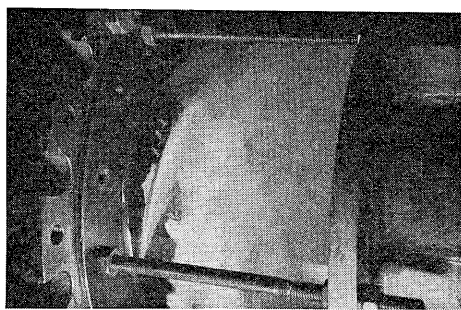
(b)  $\sigma$  break の状態における観察

第 8 図 キャビテーション  
Fig. 8. Cavitation



第9図  $\sigma$  に対する無拘束速度曲線

Fig. 9.  $\sigma$ - $n_1'd$  character



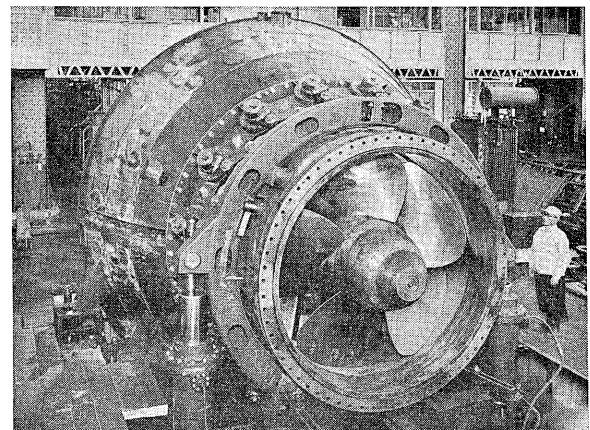
第10図 無拘束速度におけるキャビテーション

Fig. 10. Cavitation at run away speed

用できるという利点が生じている。

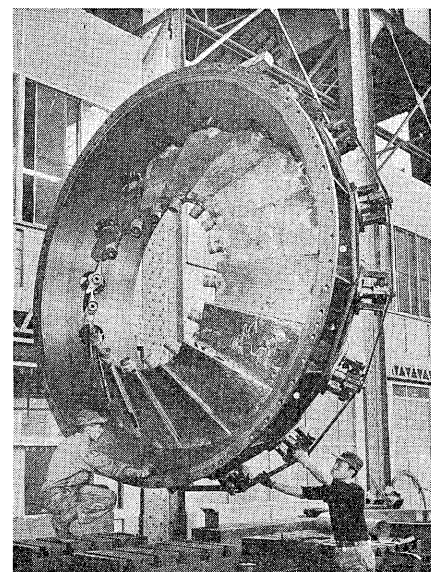
ケーシング、案内羽根リングなど主要部品は大部分溶接構造が採用され、水車軸受はグリース潤滑方式を採用し、その封水にはカーボンパッキン装置を備えている。また発電機軸と水車軸の結合部にランナサーボモータをそう入し、発電機の上流に取り付けられた圧油導入装置からサーボモータの操作油がおくられる。ランナ羽根は13%クロム製であり、グリース潤滑方式の水車軸受を採用できることにより極力そのオーバハングの量を減らし、軸の垂直方向のたわみに対し充分安全なように設計されている。案内羽根は前述のごとく三次元の羽根で水車軸に対し斜に配置され、かつ全閉時に完全に水をシャ断できるよう特殊の工夫が考えられている。案内羽根サーボモータには重錘を備え、油圧喪失時重錘によって案内羽根を無負荷開度付近まで自動的に閉め無拘束速度に突入する危険を防止している。第11図は社内組立完了時の水車本体である。

案内羽根リングは内外とも、案内羽根接触部は同心の球面加工が施され斜流形案内羽根にかかわらず案内羽根リングとのギャップはわずかな値になっている。また特殊組立治具の利用により案内羽根は外側案内羽根リングとともに水平にランナ側に分解できる方式が採用されて



第11図 水車本体組立図

Fig. 11. Assembled turbine



第12図 案内羽根および案内羽根リング

Fig. 12. Guide vane and ring

いる。第12図は外側案内羽根リングに案内羽根を組み立てた状態を示す。ランナリングは二つ割で、ランナは水車軸と切り離して水車ビットから分解する構造となっている。调速機は機械式標準形调速機が採用され、放水路に設置される電気式水位調整機と連動し、落差に無関係に定水量運転が行なわれる。ダム水位が低下し水車単独では所定水量が得られない場合、水車が制限開度に達すると、放流弁を始動して水車と放流弁の合流水量が所定水量になるように放流弁の開度調整が行なわれる。水車制限開度は落差によって規制されている。

#### 4. 放流弁

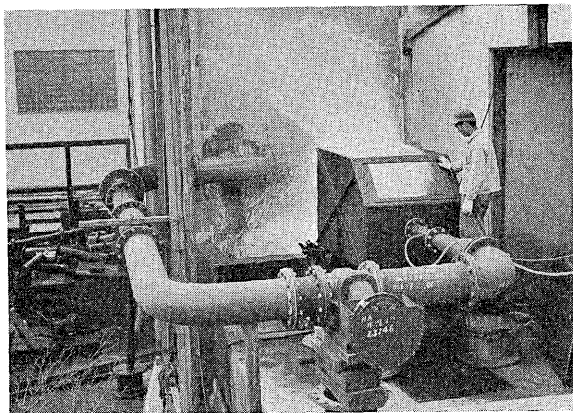
放流弁は水車発電機と並列におかれ、放流弁からの放流水は減勢池でエネルギーをなくして水車の放水路に合流させられる。形式はハウエルバンガバルブを採用し、



放流量は下記仕様を満足するようなものであり、その大部分は水中放流である。

落差	6.2 m	3 m	2 m
放流量	30 m <sup>3</sup> /s	20 m <sup>3</sup> /s	15 m <sup>3</sup> /s

一般にダムにおける放流は通常、空中に放流する場合が多く、水中に放流する場合はほとんどない。また水中に放流された水の速度水頭を充分消滅させることは、減勢池の容量を大きくすることにより可能であるが、小俣堰発電所の地形は放水路出口がただちに水の斜面になり、ここから直接無圧水路に連絡しているためにその大きさに非常な制約をうけた。かつ水車の放水路と合流するためにみだれ状態の水が放水路に合流することは、水車の放水位に変動、あるいはじょう乱を与え、水車発電機に好ましくない影響を与える可能性もあり、当社では1/20の模型を作り水理実験によりその形状を求めたこととした。第13図はその試験装置を示す。

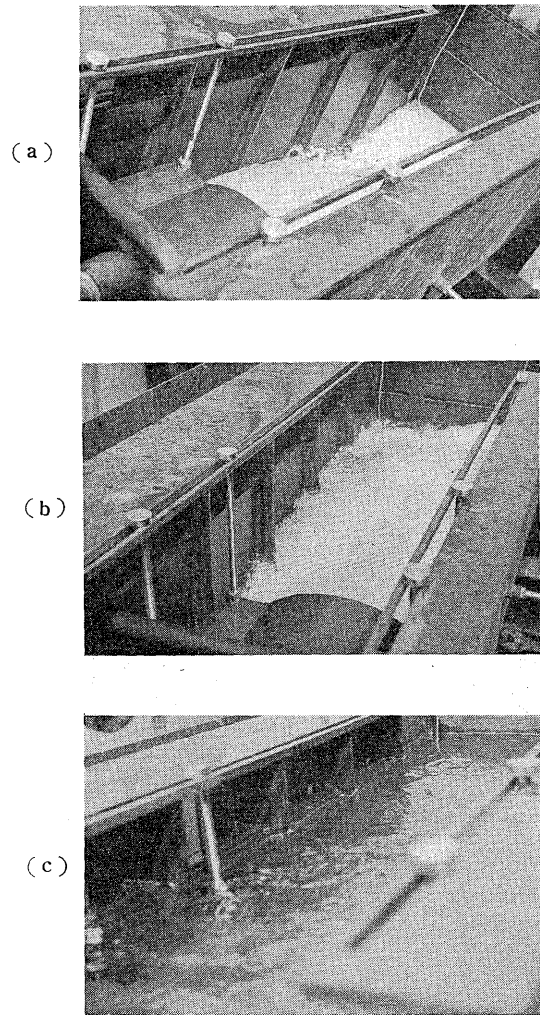


第13図 放流弁試験装置

Fig. 13. Testing apparatus for dispersion valve

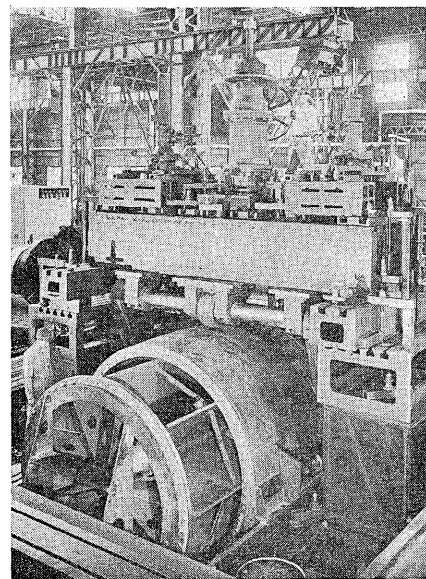
試験はまず空中、半水中および水中放流の場合の放流特性を求め、いかにして減勢するか種々実験した結果放流弁出口に適当な拡散室を設け拡散室内で放流水と外部の静止している水を充分混流させた後、水路に出せば非常に静かな安定した水流を放水路に流し得ることがわかった。第14図(a), (b), (c)図は減勢池を相似にした場合の水理実験であり、それぞれ空中放流の場合、半水中放流の場合、水中放流の場合を示す。この場合減勢池内における波立ちは、実物に換算してその波高を300mm程度にとどめることができた。

また放流弁の減勢池から水車の放水路に合流する直前に潜堤を設け、表面波が直接水車放水路には影響を及ぼさないように工夫されている。放流弁の操作は放水路水位から条件をとり、水車停止時あるいは水車だけでは規



第14図 放流試験

Fig. 14. Dispersion test



第15図 放流弁

Fig. 15. Dispersion valve

定水位に達しない時、すなわち下流に流すべき流量が不足した場合に始動させる。また放流弁の開度調整には油圧サーボモータを使用し、水車水位調整機と連動運転を行なわせるとともに全閉時に漏水のないよう特に考慮されている。放流弁の社内組立時の写真を第 15 図に示す。

## V. 発 電 機

### 1. 定 格

3,600kVA 3,300V 60% 200 rpm 0.9 遅れ力率  
励磁電圧 220V

### 2. 発電機の構造

チューブラタービン直結発電機は、水力学的要求から空間寸法に厳重な制約を受ける。特にその直径はできるだけ小さくしなければならない。普通水車発電機の直径の決定に当っては、鉄管条件と速度変動率の許容値で規定される所要  $GD^2$  を満足する範囲で最も経済的な値が選定される。しかるにチューブラタービン発電機では最大径がまず制約され、それ以下で最も経済的な直径を選定しなければならない。そこで必然的に  $GD^2$  は小さく速度変動率は大きくなる。速度変動率が大きくても、回転子径は小さいから機械的応力は問題にならず、細長い機械の冷却風の通風路にさえ留意すれば、効率の良い発電機を製作することが可能である。発電機として誘導発電機を採用すると力率が悪くなり効率が下がるが、本発電機のごとく同期発電機を採用する場合には、力率や効率が低下するおそれもなく、速度変動率の増大による電圧の異常上昇を防げば発電機の特長上、製作上問題になる点はない。ゆえに容量的にある程度の制限がある増速式と比較し、直結式では技術的にほとんど容量の制限はないといえる。次に本発電機の特長について述べる。

### 3. 空気冷却器

発電機を収めるケーシングを軸に直角な面で切ると、第 3 図に示すとおりの小判形二重壁があらわれる。この二重壁の外壁は基礎のコンクリートに密着し、内壁は水車への導入管を形成する。外壁と内壁の間は数枚の強め板で軸と直角方向に仕切られる空洞である。内壁は常に多量の流水に接触するので空洞内空気は冷却されるわけである。発電機を冷却して温度の上った空気を風道を通じてこの空洞内に導き、水流と直角な面内で小判形二重壁に沿って流すと、一循環の間に冷却されて出てくるので、このケーシングは空気冷却器となる。

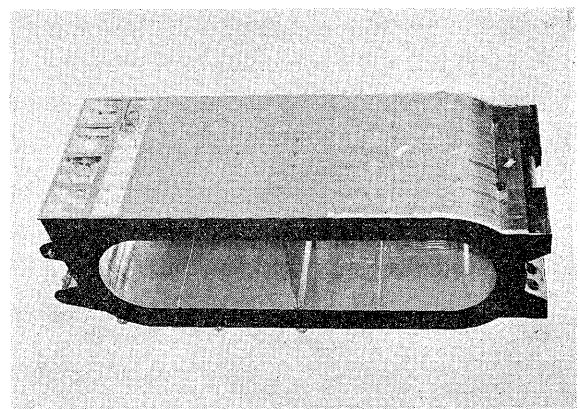
この効果をさらに良くするために、内壁の空気と接触する側に鉄の矩形小平板を壁に垂直千鳥に数多く溶接して冷却フィンとしてある。冷却された空気はピット内に

放出された後、発電機両端から吸い込まれ再び発電機内部を冷却する。

上述のように水車への導水部となるケーシングを発電機の空気冷却器に利用し、発電機本体はこの冷却器と別個になっていることが前例を見ない特長であって（特許出願中）、その利点を列挙すると

- 1) 発電機を冷却するための特別な水を必要としないで水車への主水流がそのまま冷却水となる。
- 2) 水車へ水を導くケーシングを冷却器としているので空間的に無駄がない。
- 3) 冷却器の触水面は平滑板なので異物がひっかかる心配がない。
- 4) 冷却面積を大きくすることが容易なので、大容量チューブラタービン発電機の冷却は非常に簡単になる。

温風が冷却されると、冷却器内面に水滴が凝結するおそれがあるので、冷却器最下部には排水ピットに通ずるドレン管が設けてある。また内壁の空気に接する面、および冷却フィン、強め板および外壁の裏面は充分な防食処理が行なわれている。第 16 図は完成した空気冷却器を示す。



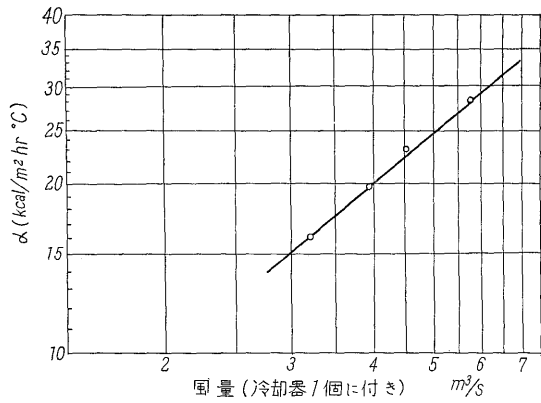
第 16 図 空気冷却器

Fig. 16. Air cooler

完成した冷却器は工場において 2.8 atg の耐圧試験および冷却水を使っての冷却能力試験を行なった。

さらに冷却効果を調べるために送風機、加熱器、冷却器からなる試験装置を作り実験を行なって、熱貫流率を算出した。すなわち冷却器を横に寝かせて水を張り、パイプから水を供給して水流を生じさせ、熱源としては 80 kW の電熱器を用いて空気入口温度を調整し、送風機、電熱器、冷却器で一つの閉回路を作って試験を行なった。

試験結果から算出した冷却器の平均の表面伝熱係数  $\alpha$  を第 17 図に示す。この  $\alpha$  を用いて、水温 25°C の時



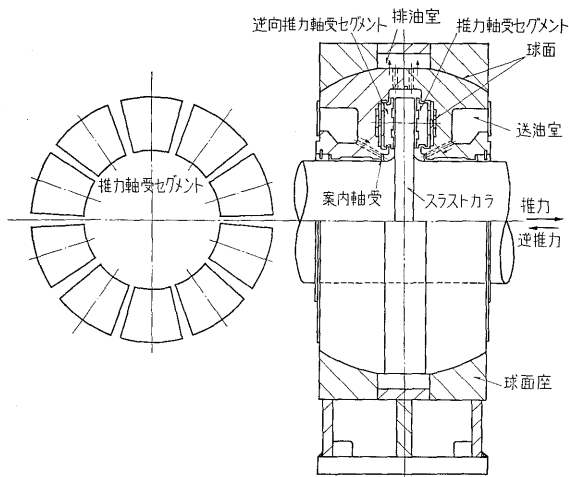
第17図 空気冷却器の表面伝熱率

Fig. 17. Surface heat transfer rate of air cooler

の冷却器出口空気温度を計算すると 40°C 以下になる。また所定風量に対する冷却器の必要ヘッドも非常に小さいことがわかり、本冷却器の性能も良いことが確認された。

#### 4. 推力軸受

推力軸受は最大 52 t の推力と 38 t の逆向推力を受ける。これは横軸機の推力としては非常に大きいものである。本推力軸受は案内軸受を兼ねる球面支持ブッシュの中に収められた 10 個の扇形片からなり、逆向推力軸受もこれと同数である。これらの扇形片はすべり面にホワイトメタルを鑄込み、その反対の面は軟金属製の小敷板の上に、球面で推力を伝達する構造になっている。このようにすることにより軸の傾斜にしたがって球面支持されたブッシュが自動的に追従し、また扇形片は油膜理論に適合した傾斜をすべり方向にするので、良好な潤滑を得ることができる。潤滑油の冷却法としては油循環方式を採用した。

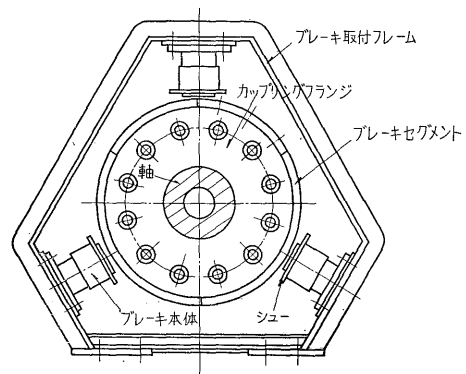


第18図 推力軸受

Fig. 18. Thrust bearing

#### 5. ブレーキ

第 19 図に示すように 3 個のシリンダ形空気制動機をフレームに星形に取り付け、水車・発電機カップリングフランジ外周に配置する。カップリングフランジ外周にはブレーキセグメントが周上 6 分割されてボルト締めされている。制動機シリンダに圧力空気を送るとシリンダ内のピストンが上昇し、先端のブレーキシューとブレーキセグメントが強く摺動して回転子に対し制動力を与える。制動機はカップリング円周上に星形配置してあるので軸受に対して不利な力を生じることはない。制動機は発電機停止時に回転数が定格の 30% になった時にかける。



第19図 空気制動機

Fig. 19. Air break

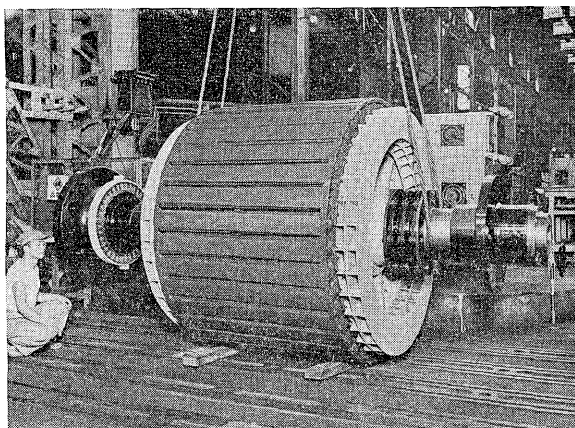
#### 6. 分解方式

発電機を収めるケーシングはできるだけ小さくすることが水力的に望ましい。したがってケーシングすなわち空気冷却器と発電機固定子とのギャップは小さくしてある。一方ピット内で回転子を固定子から引き出すことはピット軸方向の長さにそれだけの余裕をとっておかなければならないので不利であり、回転子と固定子を共吊りしてピット外に出し、それから回転子を固定子から引き出すこともクレン容量が増すので不経済である。

そこで本発電機では固定子を上下に水平 2 分割する構造とし、まず固定子上半分を取り去った後に回転子を上方に吊り上げ、その後に固定子下半分を取り出す方法をとった。回転子が入っている状態で固定子を 2 分割するために電氣的にも上半分と下半分は全く対称で上、下にまたがる渡りコイルがなくなるようにした。そのため分解に当ってはこの両群を結ぶ連絡導線さえ切り離せば、そのまま上下に割ることができる。回転計用発電機にも同様の考慮が払われている。発電機が休止中または分解中にはコイルは湿気の高い空間におかれることになるか



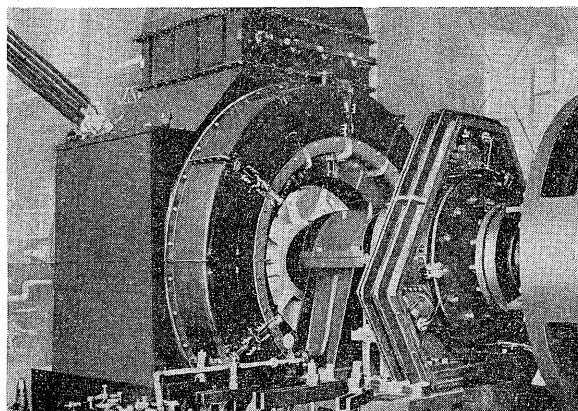
ら普通のコイルでは防湿装置が重要な意味を持つてくるが、本発電機のコイルは固定子コイルも界磁コイルも全部Fレジンで製作したため、防湿を考慮する必要はなくなった。Fレジンコイルの耐湿性の良いことはすでに他の発電所で湿度の高い場所に2、3ヶ月放置しても絶縁抵抗の低下を全く認めず、数百メガを維持した例もあって明白であり特別な防湿装置を必要としないし、分解再組み立ての後にも乾燥運転を必要としない。



第20図 回転子  
Fig. 20. Rotor

回転子軸内部にはランナ操作用のロッドが入っているので、回転子を吊り上げる場合には水車軸とのカップリングボルトをはずした後、回転子を水平に若干量ずらして発電機と水車とのカップリングフランジの面間に手の入る隙を作り、軸内部にあるロッドの結合ボルトをはずす。クレン容量は回転子重量によって決まり18tである。

以上簡単に本機の特長とするところを述べたが第21図に発電機の外観を示す。



第21図 発電機外観  
Fig. 21. Generator

## VI. 運 転 制 御

チューブラタービン発電機の運転制御は簡単かつ確実が第一に要求される。すなわち比較的中小容量機が多いため系統の無効電力制御、電圧制御などの複雑な運転制御をする必要はなく、建設費が最も安く簡単な制御方式が歓迎される。

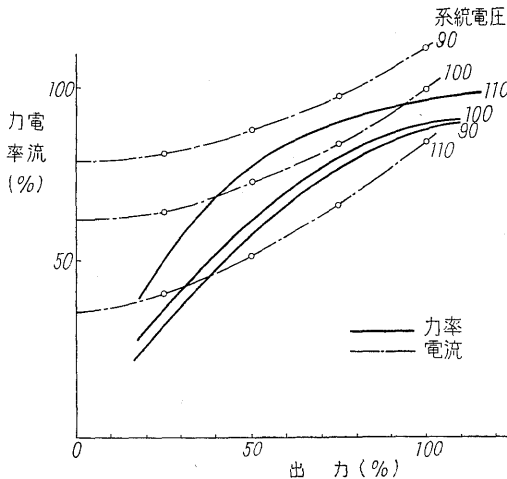
発電機を同期投入する場合には種々の方法が考えられる。発電機の容量が大きく突入電流が系統に重大な衝撃を与えるおそれのある時には、最も慎重な並列方法が採用され、同期化装置を使用して速度、電圧位相のすべてを合わせ、ショックなしに並列投入することができる。その逆に最も簡単な方法は誘導発電機の場合のごとく、速度を検出することなく任意の速度で、無励磁の発電機を並列投入する方法である。この場合にはそのすべりに応じた誘導機としての電流が流れ、系統との電力の授受により漸次同期速度に近づき、励磁すると同期化して電流も急減する。この突入電流の大きさ、同期速度に至る時間は投入する時の速度(すべり)による。発電機をあらかじめ励磁して投入する時は速度と位相が合っていないければ、無励磁の場合よりも大きい突入電流が流れ系統に与えるショックも大きい。

小俣堰堤発電機はチューブラタービン発電機としては容量が相当大きく系統に対する影響も無視できないので、速度だけ合わせて無励磁で同期投入する方法を採用した。始動後定格速度の80~90%以上に回転速度が上昇すると速度整合装置が働かし系統周波数に近づける。系統周波数との差が0.5~1.5%のある整定値以内になるとすべり継電器が働かし無励磁で投入する。無励磁投入の場合でも突極機の反動トルクのために同期化することがあるが、もし反対極性の磁極で同期化したとすれば、励磁電流通電と同時に1極すべてで再同期しなければならないのでその間のみだれは避け難い。本発電機では反動トルクで同期化する場合にも反対極性の磁極の下に同期化することが絶対ないように、特別な考慮が払われた。本発電機の引き入れトルクは45%以上となっている。

前述のごとく $GD^2$ が異常に小さく効率の良いこの種発電機では、この程度の引き入れトルクがあればある程度すべりのある状態からの強制並列も簡単に行なうことができる。励磁方式は簡単安全を第一とし、複巻特性を持たない自励方式とした。発電機の端子から変圧器を介して直接励磁電流を供給するが、変圧器の二次側は独立した二つの巻線から成り軽負荷時には一つの巻線からの

み給電するが、負荷が大きくなると電力継電器により自動的に他の巻線の出力が直流側で直列にそう入され、励磁電圧が2倍になるよう結線された2段切り換え定励磁方式を採用している。発電機全負荷しゃ断の場合のごとく発電機速度が上昇すると一定励磁であるから発電機端子電圧は速度に比例して上昇するが、本発電機はしゃ断器が動作すると直ちに励磁電流の供給を断ち過電圧保護

を行なっている。励磁電流設定値は励磁電流の電源用変圧器に設けられたタップを変えることにより変更することができる。一定励磁の下で負荷を変化すれば力率、電流ともに変化して第22図のような経過をたどる。すなわち全負荷付近では定格力率で運転するが、軽負荷になると負荷電流の減少は少なく、無効電流の供給が増加して無効電力源としての役目を果たす。特に系統電圧が低い場合には無効電流の供給量も増加して系統電圧回復の役目を果たすことができる。全負荷付近で運転してかつ系統電圧が低くなり勝ちなときにはわずかながら負荷電流が定格値を超過する場合もあり得るが、この場合には前記変圧器のタップにより励磁電流を調整し定格電流以下に押えることができる。本発電機では励磁制御装置をきわめて簡略化して、誘導発電機に比較して励磁装置のため制御回路が複雑化することを極力避け、かつ無効電力源としての特長を充分発揮できるように計画した。



第22図 負荷特性  
Fig.22. Load characteristics

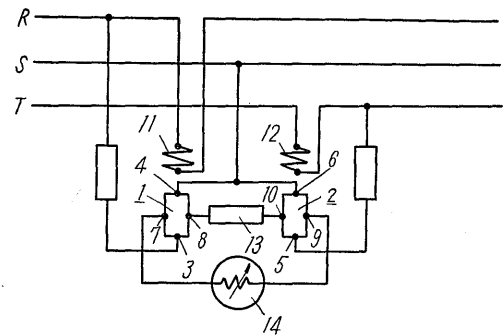
## VII. あとがき

以上小俣堰発電所のチューブラタービンおよび発電機の概要を説明したが、この種の発電所の計画に対しご参考となれば幸甚である。

## 電力測定装置 (登録第515472号)

従来多線回路の電力を測定する場合には、2線間の電力を検出して機械的方法により和を求める方式が使用されていますが、ホール起電体を利用することにより単に電氣的に重畳するだけの簡単な測定装置を得ることができます。図において、R, S, Tは三相電源線路1, および2はホール係数の大きい結晶からなるホール起電体で、それぞれの制御電極3, 4および5, 6にはR, SおよびS, T間の電圧が印加されます。ホール起電体1, 2の一方のホール電極7, 9間には測定計器14, 他方のホール電極8, 10間には測定計器14の内部抵抗にほぼ等しい抵抗体13が接続され、制御磁界発生用コイル11, 12はそれぞれ線路S, Tに直列に接続されます。二線路間の電圧に比例する電流が制御電極間に流れ、線路の電流に比例する磁界がホール起電体に直角に発生し、その電流と磁界の強さの積に比例するホール電圧がホール電極間に取り出されます。この取り出された二つのホール電圧は測定計器14に重畳して測定され、R, S, Tで示される三相電源の電力が知られます。このように二つのホール起電体を

使用して電力を測定する場合には二つのホール起電体を直列に接続して加え合わせればよいのですが、直接接続するとホール起電体の二次回路間の電流結合が大となり好ましくありません。この電流結合を小にするためにホール電極8, 10間に抵抗13を接続して抵抗の高い結合回路を形成させますが、この抵抗13の値を測定計器14の内部抵抗とほぼ等しくするとよい結果が得られます。



(特許課 常盤)



\*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する  
商標または登録商標である場合があります。