

# 最近に於ける水車の進歩

深 栖 俊 一\*

## The Recent Development of Water Turbines

By Shun'ichi Fukasu

Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

The five-year electric supply exploitation scheme planning the construction of hydraulic power stations which are expected to develop the maximum output of 1,260,000 kW and the yearly output of 4,700,000,000 kWh in total, has entered the last year. And under the scheme many a noteworthy product has been accomplished to make the scheme highly successful.

Hitachi, Ltd. also participating vigorously in the role of manufacturing for the scheme, has yielded several record making machines especially in the field of water turbines.

The writer goes into the subject in this article touching the design and manufacturing technique for Hitachi Water Turbines.

### 〔I〕 緒 言

経済復興5箇年計画による電源開発は昭和24年より同28年に到る間に、水力発電設備として最大出力126万kW、年間発電々力量47億kWhを増加せしめる立案であつたが<sup>(1)</sup>、24年末に石河内第一、赤松、新湯村、蘭越発電所等の第一次の新設工事が着手されて以来、昭和25年末より戦後の新設計によるものが次第に竣工を見るに到つた。昭和26年度に於ては新設計画も飛躍的に増大し、昭和27年度に入つてこれ等の大容量機が續々製作完了され、又引続き製作されている。外国に於ても大規模の水力開発が行われており、例えば1950年始めに於ける米国の工事中の水力発電所の出力は450万kWに達している<sup>(2)</sup>。

このような水力開発の活潑化と共に、製作工場若しくは学校研究所等の設備復興及び技術陣容の整備等の好転により水車及びその調整装置の設計は戦前又は戦時中に比し飛躍的に進歩して来た。これは製作者側の非常な努力の結果によることは勿論であるが、最近は使用者側に於ても積極的に研究的態度を以て新構想によるものを採用するに到つたことも大きな因子であると考えられる。尙昭和27年度に於ては国内の各水車製作者の大部分がそれぞれ外国の著名製作者と技術提携を行ない、諸種の

資料を提供したことも与かつて多少力があつたように思われる。

日立製作所はこの間第1表(次頁参照)の如く丸山発電所用70,000kWフランシス水車、本名発電所用30,000kWカプラン水車、松尾川第二発電所用22,200kWペルトン水車、白根発電所用12,000kW堅軸ペルトン水車、沼沢沼揚水発電所用23,000kW横軸フランシス水車<sup>(3)</sup>等本邦に於ける各水車のあらゆる最大もしくは最初の記録的製品を受注し製作中であるが、或いは既に運転に入っているものもあり、それに伴う技術的進歩は特に著しいものがあるので、ここにその二三を紹介する。

### 〔II〕 フランシス水車

#### (1) 水車効率

水車の効率は最近次第に上昇してきたことは各製作者の見積入札時毎に提出する効率の保証値が漸次上昇の傾向にあることから知られるが、フランシス、カプラン、ペルトン水車何れもその数値は著しく上昇している。これは終戦後既設水車の補修品もしくは改造品として極めて多数のランナーを設計製作納入し何れも良好な実績を収めたこと<sup>(4)</sup>、水力実験室に於て、多数の模型水車に就き試験検討を行ないランナー羽根形状もしくは出入口角度の改良等を計つたこと等に基因する<sup>(5)</sup>。例えば日立工場水力実験室にて施行された模型試験結果の中、堅軸フラ

\* 日立製作所日立工場

第1表 本邦に於ける各水車製作記録 (其の1)

Table 1. Large Capacity Water Turbines Completed in Japan (Part 1)

## フ ラ ン シ ス 水 車

| 納 先   | 発電所名  | 出力<br>kW | 落差<br>m | 水量<br>(m <sup>3</sup> /sec) | 回転数<br>(r.p.m.) | 型式    | 台数  | 製 作 者     | 運転開始 |
|-------|-------|----------|---------|-----------------------------|-----------------|-------|-----|-----------|------|
| 関西電力  | 丸山    | 70,000   | 80.70   | 96.50                       | 163.8           | FSS-V | 2   | 日立-1 電業-1 | 昭-28 |
| 北陸電力  | 神通第一  | 48,000   | 65.00   | 81.30                       | 171.5           | FSS-V | 2   | 日立        | 昭-28 |
| 九州電力  | 上推葉   | 47,500   | 144.50  | 73.00                       | 300.0           | FSS-V | 2   | 電業        | 昭-29 |
| 国鉄    | 千手    | 44,700   | 58.00   | 89.10                       | 150.0           | FSS-V | 5   | 日立        | 昭-12 |
| 関西電力  | 椿原    | 42,000   | 69.00   | 72.25                       | 180.0           | FSS-V | 1   | 三菱        | 昭-27 |
| 東京電力  | 信濃川   | 39,000   | 109.85  | 39.20                       | 214/257         | FSS-V | 5   | J.M.V.    | 昭-14 |
| 関西電力  | 黒部川第三 | 33,000   | 280.00  | 11.10                       | 500/600         | FSS-V | 3   | 電業        | 昭-15 |
| 東北電力  | 秋元    | 32,000   | 171.40  | 22.10                       | 375.0           | FSS-V | 2   | 電業        | 昭-14 |
| 関西電力  | 蟹寺    | 28,600   | 134.55  | 23.50                       | 300.0           | FSS-V | 2   | E.W.      | 大-14 |
| 国鉄    | 小千谷   | 27,500   | 48.22   | 64.80                       | 167.0           | FSS-V | 3/5 | 日立        | 昭-25 |
| 東京電力  | 佐久    | 26,900   | 112.20  | 26.40                       | 300.0           | FSS-V | 3   | A.C.      | 昭-3  |
| 関西電力  | 黒部川第二 | 26,100   | 178.90  | 17.40                       | 375/450         | FSS-V | 3   | 電業        | 昭-11 |
| 関西電力  | 市荒川   | 26,000   | 69.00   | 43.20                       | 200.0           | FSS-V | 2   | 日立        | 昭-19 |
| 中部電力  | 平岡    | 25,000   | 46.00   | —                           | 150/180         | FSS-V | 3/4 | 電業        | 昭-26 |
| 関西電力  | 御獄    | 25,000   | 229.00  | 12.85                       | 500/600         | FSS-V | 2   | 日立        | 昭-19 |
| 東北電力  | 伊南川   | 25,000   | 109.00  | 25.20                       | 300.0           | FSS-V | 1/3 | 日立        | 昭-2  |
| 中部電力  | 大井川   | 23,500   | 115.10  | 20.85                       | 500/600         | FSS-V | 3   | 電業        | 昭-11 |
| 東北電力  | 沼沢沼   | 23,000   | 215.50  | 12.10                       | 500/600         | FDS-H | 2   | 日立        | 昭-26 |
| 東北電力  | 宮下    | 21,800   | 41.00   | 58.40                       | 166.7           | FSS-V | 4   | 電業        | 昭-27 |
| 北海道電力 | 雨龍    | 21,700   | 170.00  | 15.50                       | 375.0           | FSS-V | 3   | 日立        | 昭-15 |
| 関西電力  | 寝覚    | 21,000   | 64.50   | 38.00                       | 200/240         | FSS-V | 2   | 日立        | 昭-13 |

## カ ブ ラ ン 水 車

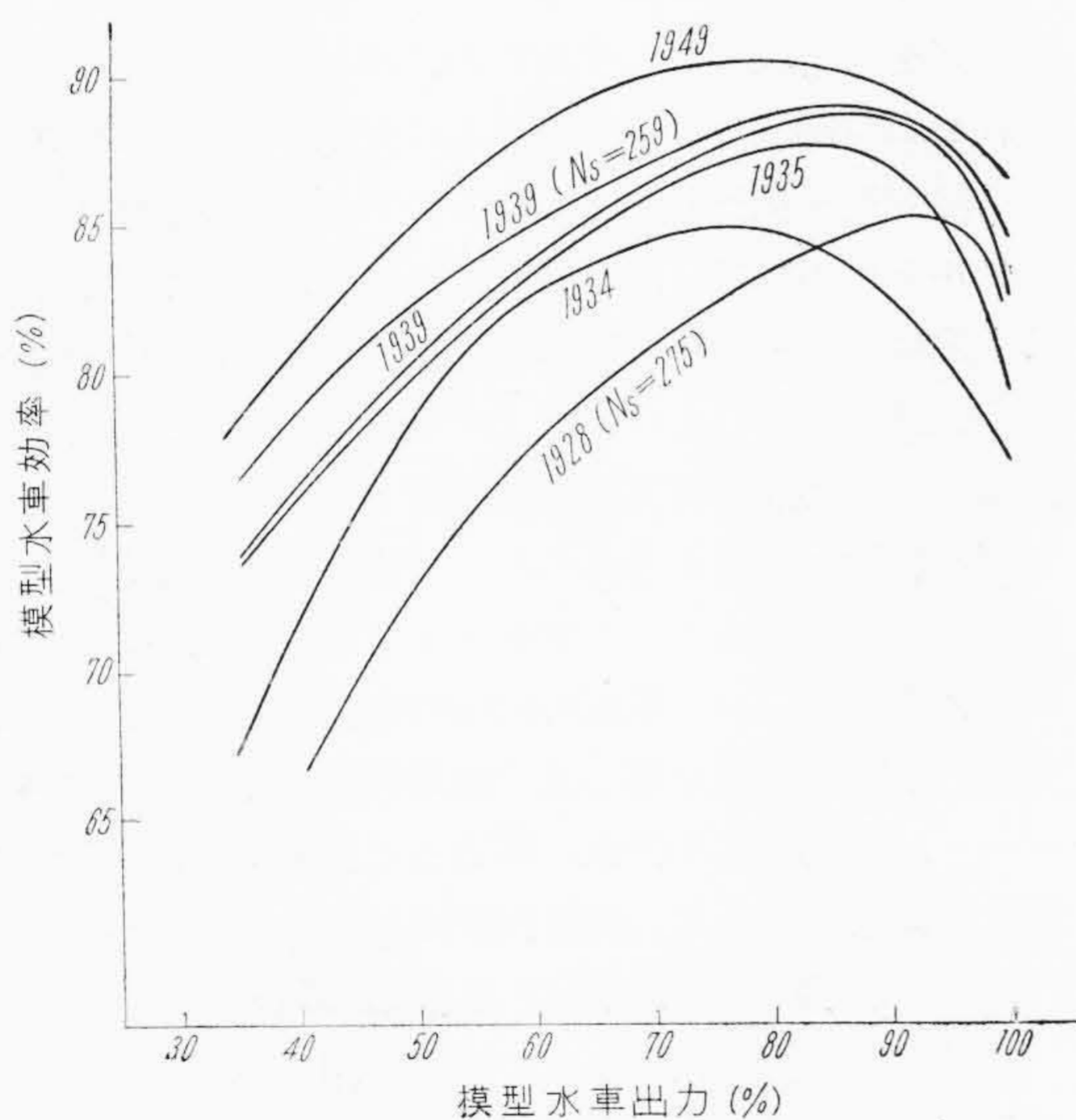
| 事業者名   | 所 名  | 出力<br>kW | 落差<br>m | 水量<br>(m <sup>3</sup> /sec) | 回転数<br>(r.p.m.) | 型式    | 台数  | 製 作 者     | 運転開始 |
|--------|------|----------|---------|-----------------------------|-----------------|-------|-----|-----------|------|
| 東北電力   | 本名   | 30,000   | 36.10   | 92.9                        | 166.7           | PMS-V | 2/3 | 日立        | 昭-29 |
| 東北電力   | 柳津   | 29,000   | 25.80   | 120.0                       | 143.0           | PMS-V | 2/3 | 三菱        | 昭-28 |
| 東北電力   | 上田   | 23,500   | 26.30   | 92.0                        | 160.7           | PMS-V | 2/3 | 三菱        | 昭-29 |
| 東北電力   | 片門   | 22,500   | 20.00   | 120.0                       | 125.0           | PMS-V | 2/3 | 日立        | 昭-28 |
| 北陸電力   | 神通第二 | 20,600   | 31.20   | 75.0                        | 200.0           | PMS-V | 2   | 富士 J.M.V. | 昭-29 |
| 関西電力   | 兼山   | 17,200   | 22.20   | 88.0                        | 171.5           | PMS-V | 3   | 三菱        | 昭-18 |
| 東北電力   | 山郷   | 15,500   | 14.00   | 125.0                       | 125.0           | PMS-V | 2   | 三菱        | 昭-18 |
| 九州電力   | 夜明   | 12,700   | 17.70   | 80.4                        | 164.0           | PMS-V | 1   | 日立        | 昭-28 |
| 東北電力   | 新郷   | 12,500   | 20.50   | 70.0                        | 187.5           | PMS-V | 4   | 三菱        | 昭-14 |
| 北海道電力  | 新班溪  | 10,600   | 14.10   | 85.5                        | 150.0           | PMS-V | 1   | 日立        | 昭-27 |
| 関西電力   | 坂上   | 9,750    | 26.00   | 41.0                        | 240.0           | PMS-V | 1   | 電業        | 昭-28 |
| 東京電力   | 小田切  | 9,000    | 14.10   | 73.0                        | 167.0           | PMS-V | 2   | 三菱        | 昭-29 |
| 九州電力   | 大内原  | 8,330    | 15.75   | 60.0                        | 180.0           | PMS-V | 1   | 三菱        | 昭-29 |
| 九州電力   | 佐久   | 7,850    | 24.30   | 37.6                        | 280.0           | PMS-V | 1   | 日立        | 昭-13 |
| 東京電力   | 笹平   | 7,500    | 11.50   | 76.3                        | 150.0           | PMS-V | 2   | E.W.      | 昭-14 |
| 東北電力   | 信夫   | 7,000    | 12.50   | 70.0                        | 187.5           | PMS-V | 1   | J.M.V.    | 昭-14 |
| 東京電力   | 金川   | 7,000    | 12.70   | 62.0                        | 166.7           | PMS-V | 1   | 日立        | 昭-28 |
| 九州電力   | 大山   | 6,500    | 27.10   | 28.0                        | 257/300         | PMS-V | 1   | 電業        | 昭-21 |
| 北海道電力  | 蘭越   | 6,500    | 13.00   | 57.4                        | 167.5           | PMS-V | 1   | 日立        | 昭-26 |
| 北海道庁   | 鷹泊   | 7,500    | 28.50   | 26.0                        | 333.0           | PMS-V | 1   | 日立        | 昭-26 |
| 中部電力   | 西平   | 6,000    | 21.50   | 32.1                        | 257.0           | PMS-V | 2   | 日立        | 昭-15 |
| 東北電氣製鉄 | 石羽根  | 6,000    | 17.00   | 40.0                        | 231.0           | PMS-V | 1/2 | 富士        | 昭-28 |

第1表 本邦に於ける各水車製作記録 (其の2)

Table 1. Large Capacity Water Turbines Completed in Japan (Part 2)

ペルトン水車

| 事業者名 | 所名    | 出力 kW  | 落差 m | 水量 (m <sup>3</sup> /sec) | 回転数 (r.p.m.) | 型式                                | 台数 | 製作者           | 運転開始 |
|------|-------|--------|------|--------------------------|--------------|-----------------------------------|----|---------------|------|
| 四国電力 | 松尾川第二 | 22,200 | 394  | 6.45                     | 450.0        | 2P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> -H | 1  | 日立            | 昭-28 |
| 四国電力 | 松尾川第一 | 21,400 | 371  | 6.45                     | 450.0        | 2P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> -H | 1  | 日立            | 昭-28 |
| 東京電力 | 田代川第一 | 20,500 | 349  | 6.25                     | 375/400      | P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> -H  | 1  | Bov.          | 昭-2  |
| 北陸電力 | 真川第二  | 17,750 | 570  | 3.70                     | 514.0        | P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> -H  | 2  | 日立            |      |
| 東京電力 | 川中    | 15,670 | 246  | 7.50                     | 300.0        | P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> -H  | 1  | 電業            | 昭-4  |
| 東京電力 | 霞沢    | 14,550 | 455  | 3.65                     | 375/400      | P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> -H  | 3  | J.M.V.        | 昭-3  |
| 北陸電力 | 真川第一  | 13,900 | 487  | 3.10                     | 450.0        | P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> -H  | 3  | 日立-1 J.M.V.-2 | 昭-5  |
| 東京電力 | 中津川第一 | 13,430 | 417  | 4.10                     | 300.0        | 2P <sub>1</sub> N <sub>1</sub> -H | 3  | A.C.          | 大-13 |
| 東京電力 | 一瀬    | 13,000 | 281  | 5.40                     | 428.5        | 2P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> -H | 1  | 日立            | 昭-12 |
| 東京電力 | 高瀬川第三 | 12,682 | 334  | 4.45                     | 300.0        | P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> -H  | 4  | E.W.-2 電業-2   | 大-13 |
| 東京電力 | 田代川第二 | 12,310 | 429  | 2.67                     | 500/600      | P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> -H  | 2  | Bov. 日立改造     | 昭-2  |
| 北陸電力 | 小口川第三 | 12,000 | 621  | 1.67                     | 514.0        | P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> -H  | 2  | 電業            | 昭-4  |
| 東京電力 | 下滝    | 9,400  | 303  | 3.98                     | 375.0        | P <sub>1</sub> N <sub>2</sub> -H  | 3  | 電業            | 大-1  |



第1図 縦軸フランシス水車模型試験結果例

Fig. 1. Efficiency Curves of Vertical Francis Turbines Obtained in Laboratory Tests

ンシス水車の例を第1図に掲げる。図中特に記入したものの、他比較回転度は大体 200 (m-kW 単位) 前後でランナー直径は大体 500 mm 前後である。

尚参考迄に外国製水車の効率及び実測値を既発表の文献より調査すれば、第2図 (次頁参照) の如く大体日立製作所製品により到達された数値と殆ど大差ないことが知られる<sup>(6)</sup>。

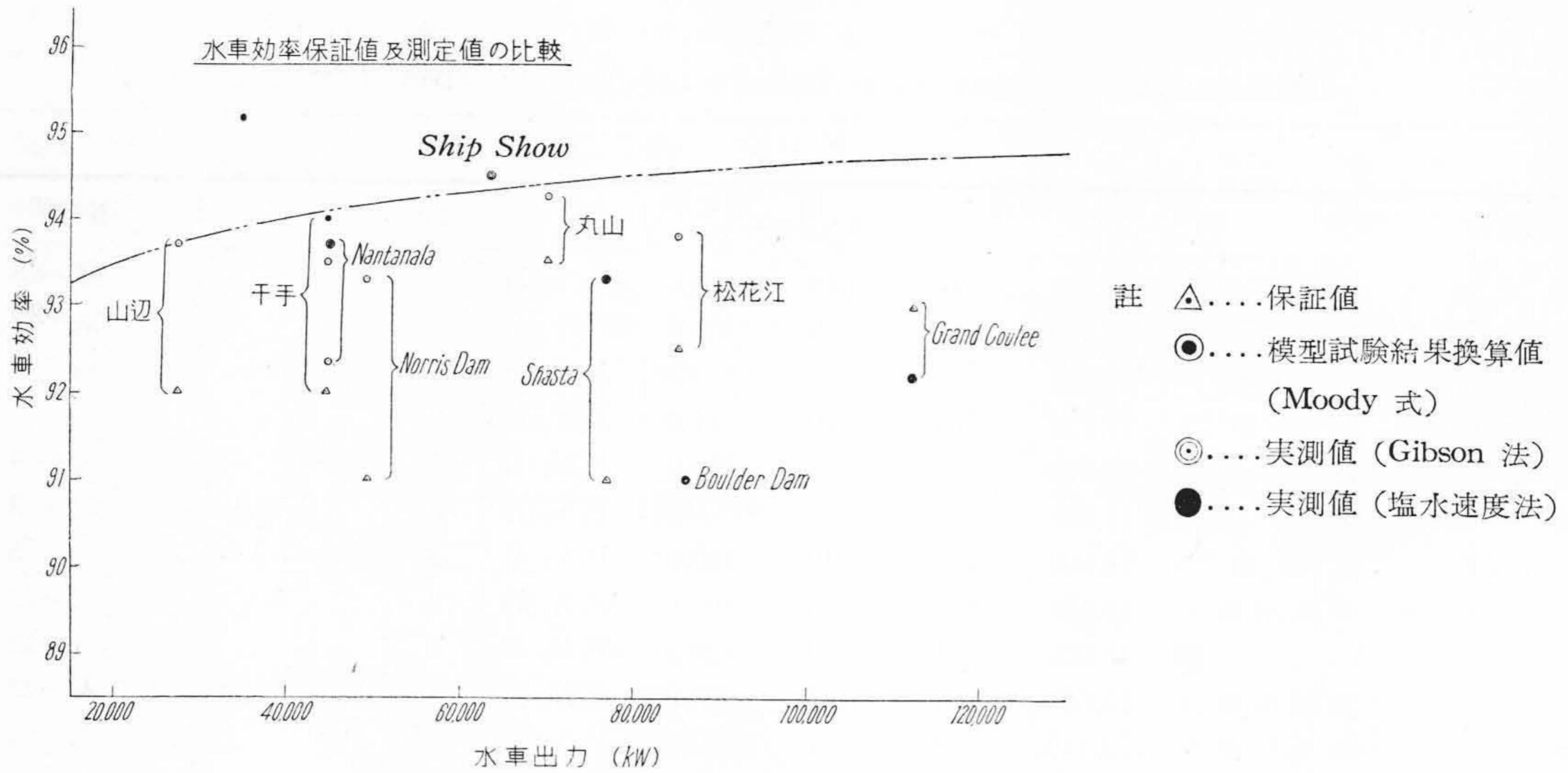
水車効率の最大点は通常比較回転度の変化により最大出力の大体 70~85% 程度に相当するが、最近ランナーの設計技術の進歩により特にフランシス水車に於ては負荷の大体の 50~100% 範囲にて効率の最大値を任意の点に定めることが可能となつた。これは発電所の計画上負荷の状況或いは貯水池又は調整池の使用状況より最も効果的な計画を行うことが出来、我国の如く豊水期より渇水期に亘つて水量の変化の激しい処に於ては甚だ有効である。

(2) ランナー材質

従来日立工場に於ては独特の製作技術によりカプラン水車のランナーブレード及びランナーボス用としてパーライト系不銹鉄鋼 (Cr-13%) が数多く製作されて来たが、最近これがフランシス水車ランナー用としても屢々採用されるに到つた。パーライト系不銹鉄鋼は土砂を含む流水中の磨耗試験の結果鉄鋼の約1/3の磨耗量を示し、オーステナイト系不銹鉄鋼 (Ni-8%, Cr-18%) に対しては耐磨耗性に於て稍々優れ、空洞現象の腐蝕による耐蝕性に於て僅か劣る。

最近製作した丸山及び神通川第一両発電所用ランナーはそれぞれ仕上り約 30t の記録品であるが、何れも自家工場に於て良好な成績を以て鑄造を完了した。この他に案内羽根、カバーライナー、或いは主軸ライナー等にそれぞれ特殊鋼或いは特殊鉄鋼が相当採用されている。

参考迄に第2表 (次頁参照) に日立製作所にて製作せるパーライト系不銹鉄鋼製フランシス水車ランナーの例を示す。



第 2 図 水 車 容 量 と 効 率 値

Fig. 2. Comparison between Guaranteed Efficiencies and Measured Efficiencies of Water Turbines

第 2 表 パーライト系不銹鋼製  
フランス水車ランナー例

Table 2. List of Francis Runners of Stainless Cast Steel

| 納 先   | 発電所名  | 出 力 (kW) | 落 差 (m) | 回転数 (r. p. m.) | 台数  |
|-------|-------|----------|---------|----------------|-----|
| 関西電力  | 丸 山   | 70,000   | 80.00   | 164.0          | 1   |
| 北陸電力  | 神通第一  | 48,000   | 61.92   | 171.5          | 2   |
| 台湾電力  | 天 冷   | 26,500   | 173.00  | 400.0          | 2/4 |
| 関西電力  | 御 岳   | 25,000   | 229.00  | 500/600        | 2   |
| 東北電力  | 沼 沢 沼 | 23,000   | 200.00  | 500.0          | 2   |
| 東北電力  | 生 保 内 | 11,330   | 45.19   | 214.0          | 1/3 |
| 昭和電工  | 広 津   | 11,100   | 202.00  | 600.0          | 2   |
| 東京電力  | 岩 室   | 6,400    | 159.00  | 500.0          | 2   |
| 昭和電工  | 常 盤   | 5,280    | 68.90   | 428.5          | 1/2 |
| 北海道電力 | 洞 爺   | 3,300    | 43.03   | 375.0          | 2   |

(3) スピードリング及びケーシングの溶接構造

水車本体の主要部分たるスピードリング及びケーシングに全溶接構造が採用されたのは、第 3 表の如く昭和 10 年に製作された湯野上発電所用 3,660 kW 水車が我国に於て最初であつて、その後引続き多数の製作品を出した。溶接構造を採用すれば鑄造品に比し製作工程を短縮し均一な材質を得られる。ケーシング入口径 1,000 乃至 1,100 mm 以下のものは作業の都合上溶接構造とすることは不可能であるが、当初は中落差以下の中容量程度のものに限られたものを次第に大容量のものを製作することが可能となり<sup>(7)</sup>、最近はこれを有効落差 100 m 程度の領域に迄拡張される。

中落差以上の大容量のものにケーシング及びスピードリングを全溶接構造とするためには、両者を一体にしてこれを二つ割或いは四つ割以上に分割しそれぞれ工場に於て熱処理を施行の上、合せ目のフランジを機械仕上としボルト締めして、水車組立前に必ず水圧試験を実施する。鋼板及び各溶接部には超音波探傷法、試験片採取による強度試験若しくはレントゲン等により、各作業の段階毎に重要部分を確実に検討確認し得ることは鑄造品より寧ろ有利な特長と考えられ、今後益々この適用範囲は拡張されるであろう。スピードリングを溶接構造とするにはステーベーンと胴板の附根の溶接部が最も重要であつて、同部の強度を増し且つ耐磨耗度を増す為にはステーベーンを胴板より突抜の構造とし胴板の両面に於て溶接すれば確実である(特許出願中)。

(4) 水量指示計及び水量積算計

据付現場に於て実物水車の効率は測定がなかなか難しく而も正確な数値を求めることは非常に困難である。従つてこの水量の絶対値は暫く別としてその水量の大体の傾向を簡単に求めることが可能ならば、水力発電所の保守運営上甚だ有効であろう。この為には下記の如き二三の方法が水量指示装置の例として既に実施に移されているが、更に進んで水量記録指示計或いは水量積算計も近い将来に実現化されようとしている。

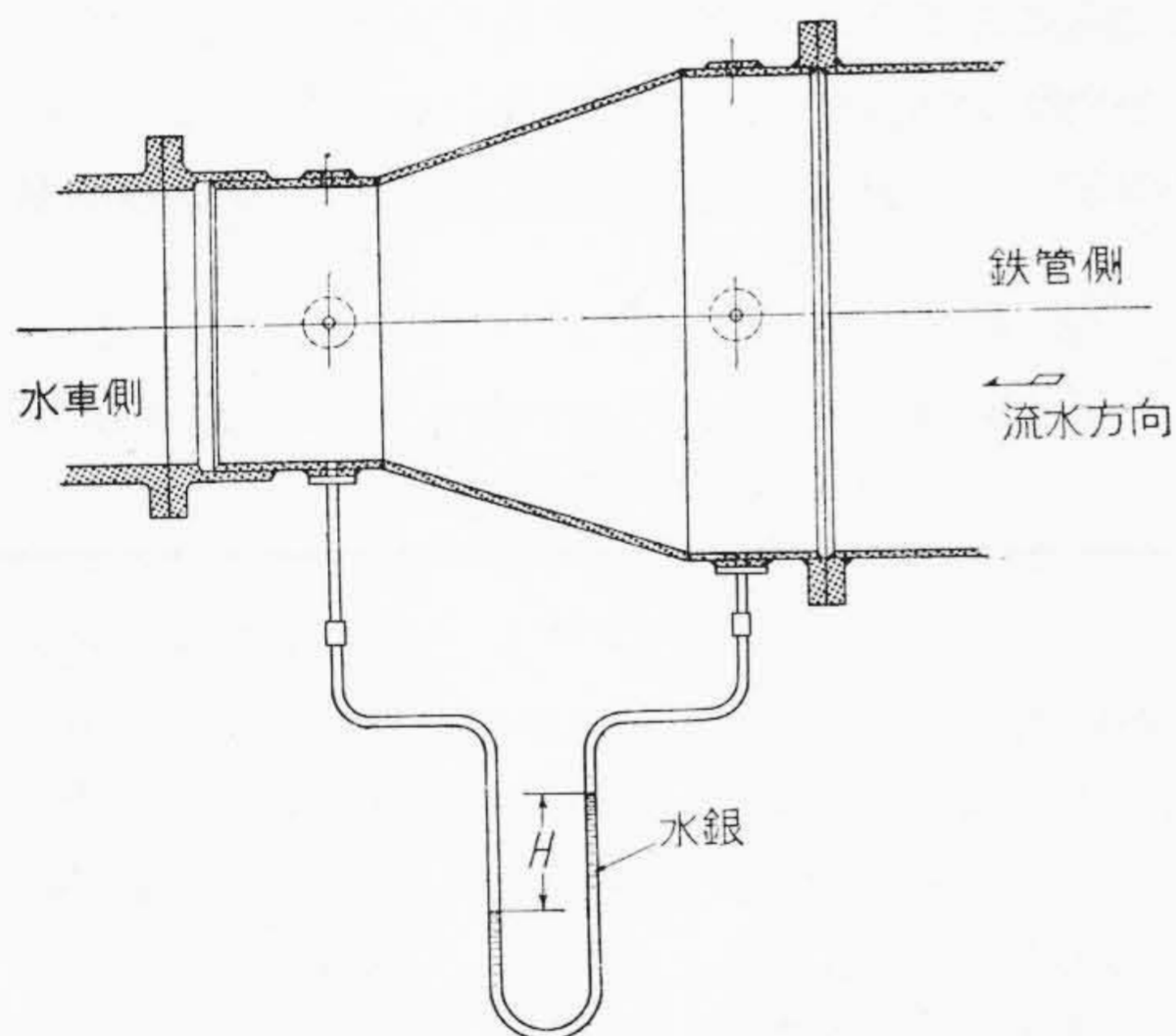
(A) ベンチュリー管法

水車入口弁(もしくは入口弁無き場合はケーシング)の前方に第 3 図の如き漸縮管を設け、縮流部分の前後に於ける水柱の差圧の指示により水量を計測する方法である。鉄管の形状に急激な彎曲その他の悪影響がなけれ

第3表 熔接スピードリング及びケーシング製作記録

Table 3. List of Turbines with Welded Speed-Ring and Spiral Casing

| 納先    | 所名    | 出力 (kW) | 落差 (m) | 回転数 (r.p.m.) | 型式    | 台数  | ケーシング材質 | スピードリング材質 | 製作年度 |
|-------|-------|---------|--------|--------------|-------|-----|---------|-----------|------|
| 昭和電工  | 湯ノ上   | 3,660   | 68.5   | 500.0        | FSS-V | 2   | 熔接      | 熔接        | 昭-10 |
| 中国電力  | 小瀬川第二 | 1,750   | 31.8   | 360.0        | FSS-V | 2   | 熔接      | 鑄鋼        | 昭-11 |
| 四国電力  | 樽原川第一 | 1,800   | 30.2   | 400.0        | FSS-V | 1   | 熔接      | 鑄鋼        | 昭-13 |
| 東北電力  | 木戸川第三 | 1,180   | 18.4   | 500/600      | PMS-V | 1   | 熔接      | 熔接        | 昭-14 |
| 四国電力  | 分水第二  | 4,080   | 76.0   | 514.0        | FSS-V | 2   | 熔接      | 熔接        | 昭-14 |
| 四国電力  | 分水第三  | 5,840   | 91.8   | 514.0        | FSS-V | 2   | 熔接      | 熔接        | 昭-14 |
| 漢江水力  | 清平    | 21,000  | 26.5   | 163.8        | PMS-V | 2   | 鋸接      | 熔接        | 昭-14 |
| 九州電力  | 下相見   | 5,000   | 60.0   | 375/450      | FSS-V | 1/2 | 熔接      | 鑄鋼        | 昭-18 |
| 東北電力  | 鳴子    | 2,700   | 39.5   | 500.0        | FSS-V | 1   | 熔接      | 熔接        | 昭-24 |
| 昭和電工  | 赤松    | 3,500   | 20.0   | 214/275      | FSS-V | 2   | 熔接      |           | 昭-25 |
| 中国電力  | 新湯村   | 5,000   | 62.0   | 450.0        | FSS-V | 2   | 熔接      | 鑄鋼        | 昭-25 |
| 北海道電力 | 蘭越    | 6,500   | 13.0   | 167.5        | PMS-V | 1   | コンクリート  | 熔接        | 昭-25 |
| 関西電力  | 新庄    | 3,700   | 72.5   | 600.0        | FSS-V | 2   | 熔接      | 熔接        | 昭-25 |
| 北海道庁  | 鷹泊    | 6,500   | 28.5   | 333.0        | PMS-V | 1   | 熔接      | 熔接        | 昭-26 |
| 中部電力  | 久野脇   | 17,500  | 49.3   | 200.0        | FSS-V | 1   | 鋸接      | 熔接        | 昭-27 |
| 北海道電力 | 班溪    | 10,600  | 14.1   | 150.0        | PMS-V | 1   | コンクリート  | 熔接        | 昭-27 |
| 東北電力  | 片門    | 22,500  | 20.0   | 125.0        | PMS-V | 2   | コンクリート  | 熔接        | 昭-27 |
| 中国電力  | 明塚    | 14,500  | 26.1   | 150.0        | FSS-V | 2   | 鋸接      | 熔接        | 昭-28 |
| 九州電力  | 夜明    | 12,700  | 20.0   | 163.6        | PMS-V | 1   | 鋸接      | 熔接        | 製作中  |
| 東北電力  | 本名    | 30,000  | 36.1   | 167.0        | PMS-V | 2   | 鋸接      | 熔接        | 製作中  |
| 電源開発  | 猿ヶ石第一 | 16,300  | 92.0   | 375.0        | FSS-V | 2   | 熔接      | 熔接        | 製作中  |



第3図 水量測定用ベンチュリー管  
Fig. 3. Section of a Venturi Pipe for Measuring Water Flow

ば、比較的水柱の差圧に大きな誤差を生ずる恐れは少ないが、常時漸縮管による損失落差を生ずる欠点を有することは止むを得ない。

(B) Index Method 法

流水が機器内を流動するときには一般に必ず損失を伴ない、その関係は下式より表わされる。

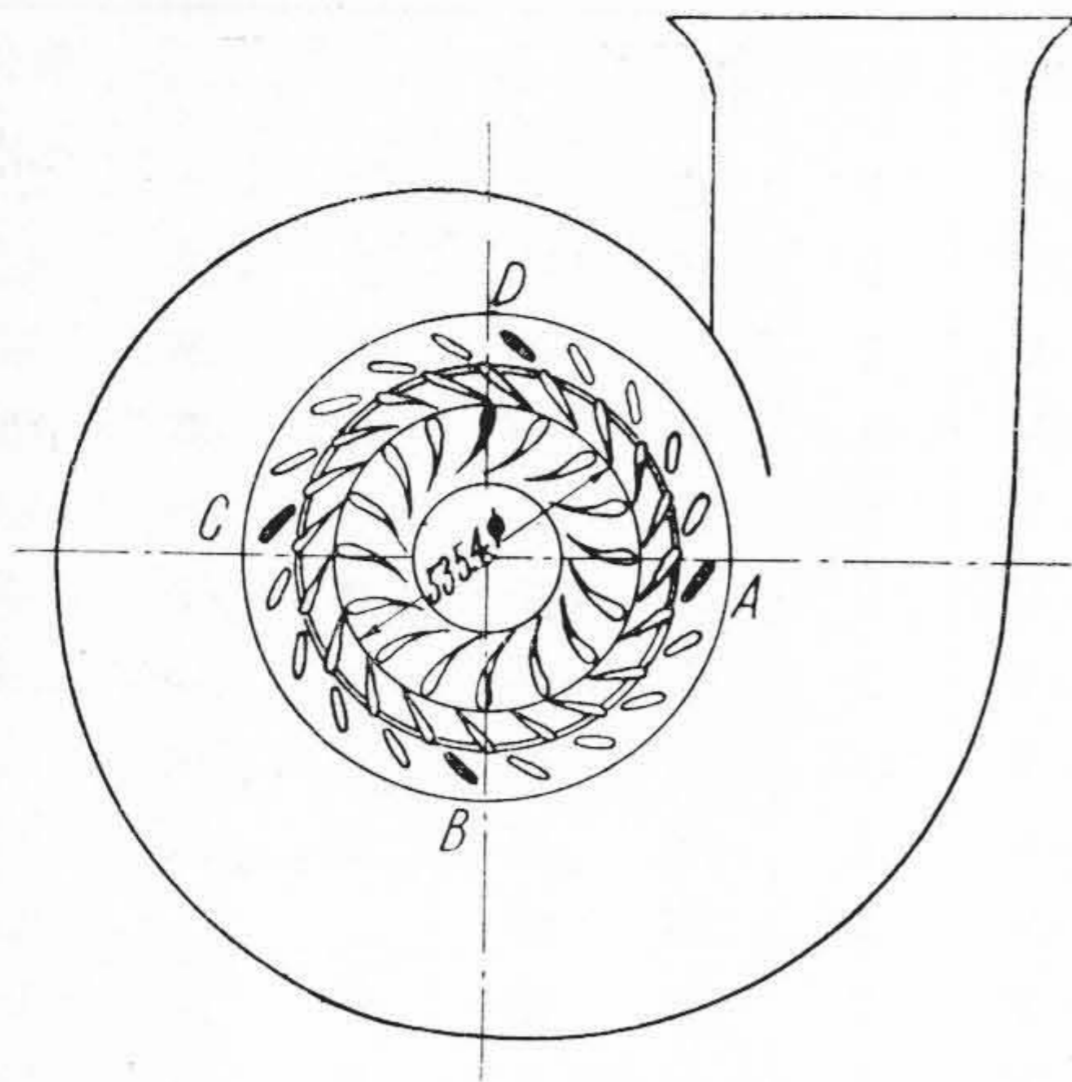
$$\log Q = \log K + \frac{1}{2} \log h$$

但し  $Q$ =水量  $m^3/sec$   $K$ =常数  $h$ =水頭損失  $m$   
 $K$ は相当広い範囲に亘つて常数と見做し得るので、 $\log Q$ と  $\frac{1}{2} \log h$ とは直角座標軸では  $45^\circ$ の傾斜をもつ直線となる。従つて水車ケーシング(Winterkenedy 法)又はスピードリング固定羽根 (Peck 法)の間で二点の圧力差をとり出し、これより水量を計測することが出来る<sup>(8)</sup>。

日立工場水力実験室で多数の模型水車に就き Peck 法による差圧の測定を実施し、実物水車に取付ける測圧孔の基礎試験を行つた<sup>(9)</sup>。それは第4図(次頁参照)に於て  $AB$ 間の固定羽根が最も安定な流動状況を示し、固定羽根の測定孔は1と5の関係が良好で、その指示差圧は最大負荷時に於て大体有効落差の10%程度に達する。

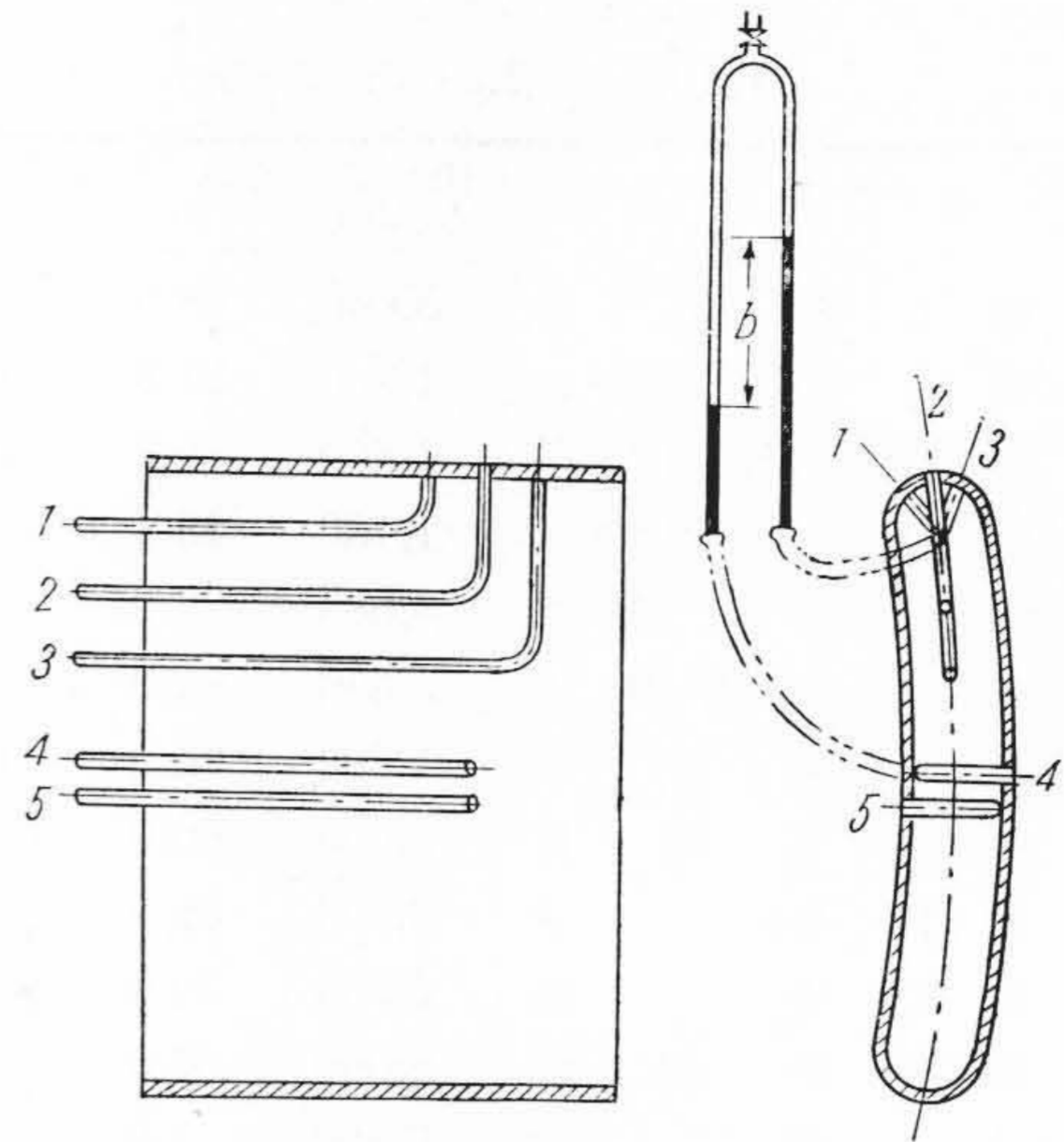
(5) 水圧自動閉鎖式案内羽根

水圧により自動的に閉鎖する案内羽根構造は既に相当多く採用されるようになって来た。これが目的とする処は運転中油圧が事故その他により万一低下した際に水圧による不平衡力により案内羽根が自動的に安全に閉鎖することで、而もその為に絶対に水圧の異常上昇を来たさないことを必要とする。従つてこのような目的に沿う案内羽根の構造を含む水車の設計製作は甚だ至難であつて、この実施に当つては単に案内羽根の形状だけを追跡するのみでは不十分である。



(a) 測圧孔を備えた固定羽根の位置  
(図中黒塗の固定羽根がそれを示す)

Stay Vanes of Model Water Turbine with Pressure Measuring Holes (Black Vane in the Above Fig.)



(b) 固定羽根にとりつけた測圧孔の位置

Positions of Pressure Measuring Hole on Stay Vane

第 4 図 Index Method 法 による 測 定 孔

Fig. 4. Pressure Measuring Hole for the Index Method

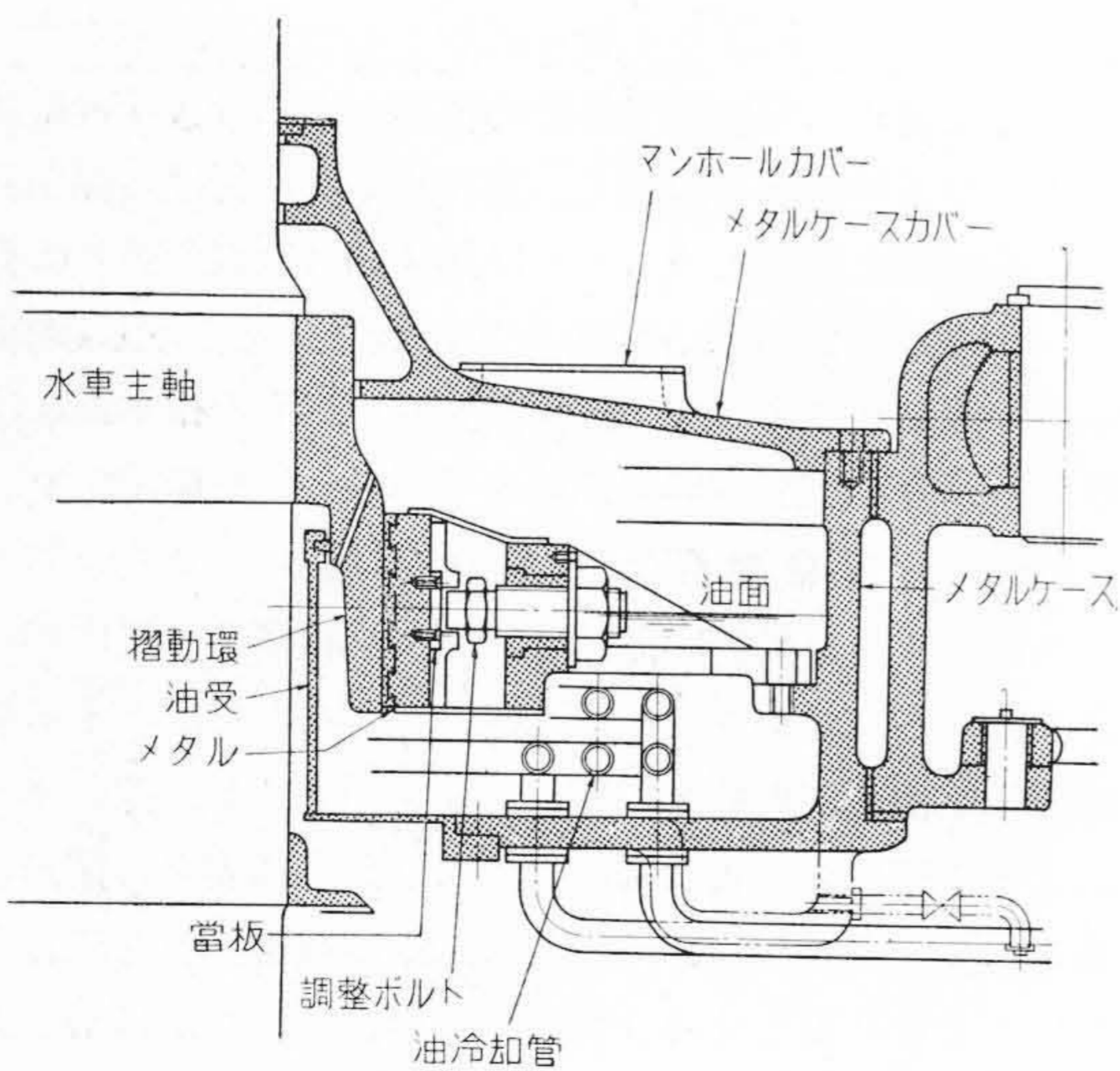
水圧自動閉鎖式案内羽根構造の最初着想当時より直ちに日立工場水力実験室に於ては多数の模型水車に対し種々の案内羽根によつて比較試験を行い、案内羽根の形状に十分満足し得るものが得られていた。丸山及び神通川第一発電所用両水車以降にこれを適用するに際しては、その形状、開閉機構及び油圧保護装置（特許出願中）等に対し細心の注意を払つている。

(6) セグメント軸受

縦軸フランシス水車の主軸受に第 5 図のようなセグメント軸受を使用すれば潤滑油ポンプ、冷却器、配管もしくは潤滑油等の資材を節減することが出来、且つ水車及び発電機を中心測定は相当容易となる（実用新案 No 318985）。この構造は既に龍島発電所用 13,400 kW 水

第 4 表 セグメント軸受採用例

Table 4. List of Turbines with Segmental Guide Bearing



第 5 図 セグメント軸受構造図  
Fig. 5. Sectional View of the Segmental Guide Bearing

| 納 先  | 所 名   | 出 力 (kW) | 落 差 (m) | 回 転 数 (r.p.m.) | 台 数 |
|------|-------|----------|---------|----------------|-----|
| 関西電力 | 丸 山   | 70,000   | 80.00   | 164.0          | 1/2 |
| 北陸電力 | 神通第一  | 48,000   | 61.92   | 171.5          | 2   |
| 関西電力 | 御 岳   | 25,000   | 229.00  | 500/600        | 2   |
| 東北電力 | 伊 南 川 | 25,000   | 109.00  | 300.0          | 1/3 |
| 電源開発 | 猿ヶ石   | 16,300   | 92.00   | 375.0          | 2   |
| 新潟県庁 | 三 面   | 15,000   | 65.00   | 300.0          | 2   |
| 中国電力 | 明 塚   | 14,000   | 26.14   | 150.0          | 2   |
| 九州電力 | 桑 の 内 | 6,700    | 51.40   | 360.0          | 1   |
| 日 軽  | 佐 野 川 | 6,000    | 146.00  | 720.0          | 1   |
| 九州電力 | 下 見 相 | 5,000    | 59.00   | 450.0          | 2   |
| 中国電力 | 新 湯 村 | 5,000    | 62.00   | 450.0          | 2   |
| 東京電力 | 蔵 本   | 3,800    | 63.00   | 600.0          | 1   |
| 昭和電工 | 赤 松   | 3,500    | 20.00   | 214/257        | 2   |
| 東北電力 | 滝 淵   | 2,850    | 120.00  | 500.0          | 2   |
| 日本鋳業 | 柿 の 沢 | 2,800    | 101.32  | 600/720        | 2   |
| 東北電力 | 鳴 子   | 2,700    | 39.50   | 500.0          | 1   |

車改造<sup>(10)</sup>、三面発電所用 16,500 kW 水車<sup>(11)</sup>その他多数水車に実施されて良好な運転結果を収め、最近は大容量水車の購入仕様書にこのような構造を採用する旨記載されるようになった。第4表にセグメント軸受構造を含む水車例を示す。

この構造には尙必要に応じて油面継電器或いは水分混入継電器を設け油面低下時或いは水分混入時に警報を発する構造を採用し(特許出願中)、調整ボルトの固定には特殊のロックナットを用いる等の改良を加え益々確実なものとしている。

### [III] カ プ ラ ン 水 車

#### (1) 適用落差

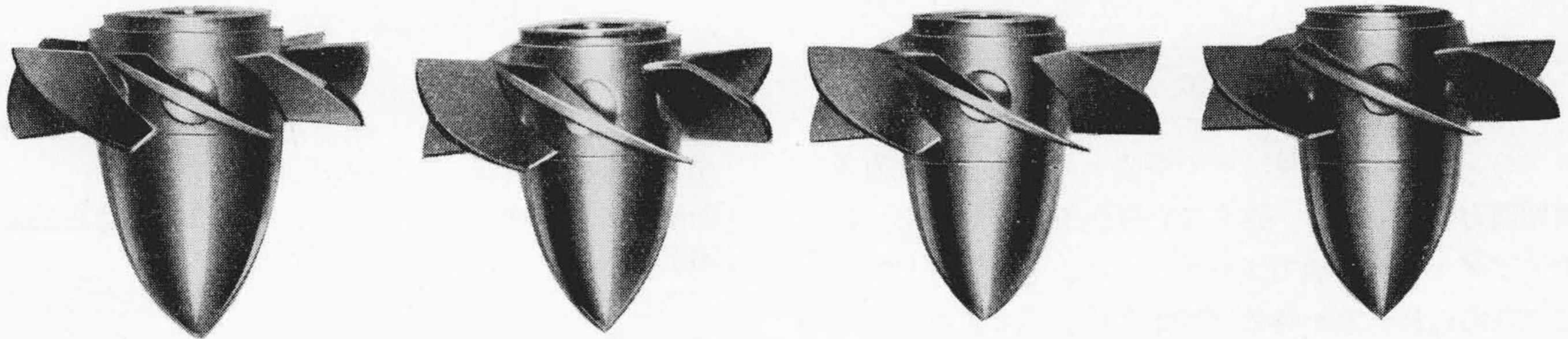
カプラン水車はフランシス水車に比較しランナーブレードの翼素を増速翼列として理論的にも実験的にも究明し易い関係上、ランナーの翼型の改良、水車効率の増昇及び空洞現象の発生防止等の点に対して各国共益々積極的に研究改良が加えられ、嘗てはフランシス水車の適用

範囲とされた中落差領域に次第に伸展するに到つた。現在有効落差 30 m 以上のカプラン水車の運転或いは建設中の著名なものを第5表に示す。

既に知られる如くカプラン水車を中落差に適用するにはランナーのブレード枚数を増加するを要する<sup>(12)</sup>。然るときは翼列の干渉は大きくなり、又ランナー内の操作機構は益々複雑化して来るため、その設計製作は決して容易でない。

日立工場水力実験室にはこの研究設備の一として従来の低落差空洞現象試験装置の他に、実落差空洞現象試験装置を設備し、従来の装置では解明出来なかつた実落差の下に於ける空洞現象の発生状態を検討することが可能となり、この方面の研究に一大進展を期待し得ることゝなつた。

前述の本名発電所用 30,000 kW カプラン水車に関しては本試験装置により模型水車の空洞現象試験に好成績を収めることが出来た。第6図に最近の空洞現象試験を使用した模型ランナーの一部を掲げる。



第6図 空洞現象試験用カプラン水車模型ランナー例  
Fig. 6. Kaplan Model Runners for Cavitation Test

第5表 高落差(H=30 m以上)カプラン水車製作例  
Table 5. List of Kaplan Turbines Used for High Heads (Over 30 m)

| 国名      | 所名             | 出力 (kW) | 落差 (m)     | 水量 (m <sup>3</sup> /sec) | 回転数 (p.p.m.) | 製作者              | 製作年度 |
|---------|----------------|---------|------------|--------------------------|--------------|------------------|------|
| Ireland | Barcis         | 9,270   | 63.50      |                          | 500.0        | E.W.             | 1951 |
|         | Pollaphuca     | 18,870  | 50.50      |                          | 300.0        | A.d.C. 及び J.M.V. |      |
|         | Pego Doatlre   | 2,030   | 38.00      |                          | 600.0        | E.W.             | 1944 |
| 日本      | 本名             | 30,000  | 36.10      | 92.9                     | 166.7        | 日立               | 製作中  |
| India   | Mahanadi I     | 40,000  | 34.5-23.80 | 167.0                    | 125.0        | J.M.V.           | 場作中  |
| Uruguay | Rio Negro      | 30,000  | 34.5-23.00 |                          | 125.0        | M.S.             | 製作中  |
|         | Montefurad     | 13,300  | 33.05      |                          | 300.0        | E.W.             | 1948 |
| Uruguay | Rioncon del B. | 33,600  | 32.0-16.70 |                          | 136.6        | J.M.V.           | 1942 |
| Ireland | Shannon        | 25,100  | 32.0-25.15 | 100.7                    | 166.7        | J.M.V.           | 1932 |
| Sweden  | Aswan          | 48,500  | 31.20      |                          | 100.0        | E.W.             | 1948 |
|         | Hojun          | 45,600  | 31.20      | 165.0                    | 136.6        | V.K.             | 1942 |
| 日本      | 神通川第二          | 20,600  | 31.20      | 75.0                     | 180.5        | Voith-富士         | 製作中  |
|         | Roznon         | 13,100  | 31.00      |                          | 214.3        | E.W.             | 1936 |
| U.S.A.  | Ice Harbor     | 77,600  | 30.8-24.00 |                          |              |                  | 製作中  |
| Germany | Deichow        | 26,700  | 30.50      | 100.0                    | 187.5        | E.W.             | 1934 |
| U.S.A.  | Cabinet Gorge  | 52,600  | 30.20      |                          |              |                  | 1952 |

### (2) ランナー構造

カプラン水車は構造上主軸の途中にランナー操作サ-ボモータを設けるが、その設置箇処により種々のランナー操作方式に分れる<sup>(13)</sup>。従来は水車と発電機の中間の主軸の一部にこれをおくものが最も数多く採用されたが、最近はこの発電機回転子中に含めるもの<sup>(14)</sup>、或いはこれを回転子上部に設けるもの<sup>(15)</sup>等を見受けるに到つた。尙これに水車及び発電機回転部分に対する推力軸受の設置箇所との組合せ方如何も加えられて、カプラン水車の構造は益々数多くの型式が今後も考案実施されるように思われる。しかしこれ等の構造はそれぞれ一長一短を有することは明らかであつて、その採用に当つては十分内容を検討すべきである。

ランナー内への流水漏入防止装置としてはランナー内潤滑油を主軸部の空気室により加圧し、ブレードステム部パッキングを寧ろ内圧に耐えさせる構造とするのが最も確実であつて<sup>(16)</sup>、この構造が次第に各製作者(外国をも含む)に採用されるに到つた。カプラン水車の適用落差が増大するにつれて、ランナー内の流水漏入防止及び潤滑油漏出防止には慎重なる注意を要する。

### (3) 主 軸 受

カプラン水車の主軸受はその構造上グリース給油方式と油循環方式に分れる。従来日立製作所で製作したものはすべてグリース給油方式であつたが、その保守が簡易な点を認められた為か終戦後製作されている各所のカプラン水車はすべてグリース給油方式が採用される傾向にあるように見うけられる。

油循環式を採用すれば主軸受下部に封水用パッキングを必要とするが、我国の河川は洪水時多量の土砂を含むため、このパッキングが磨耗し易く而もその取換えが容易でない故、この点に特別の処置を必要とする。

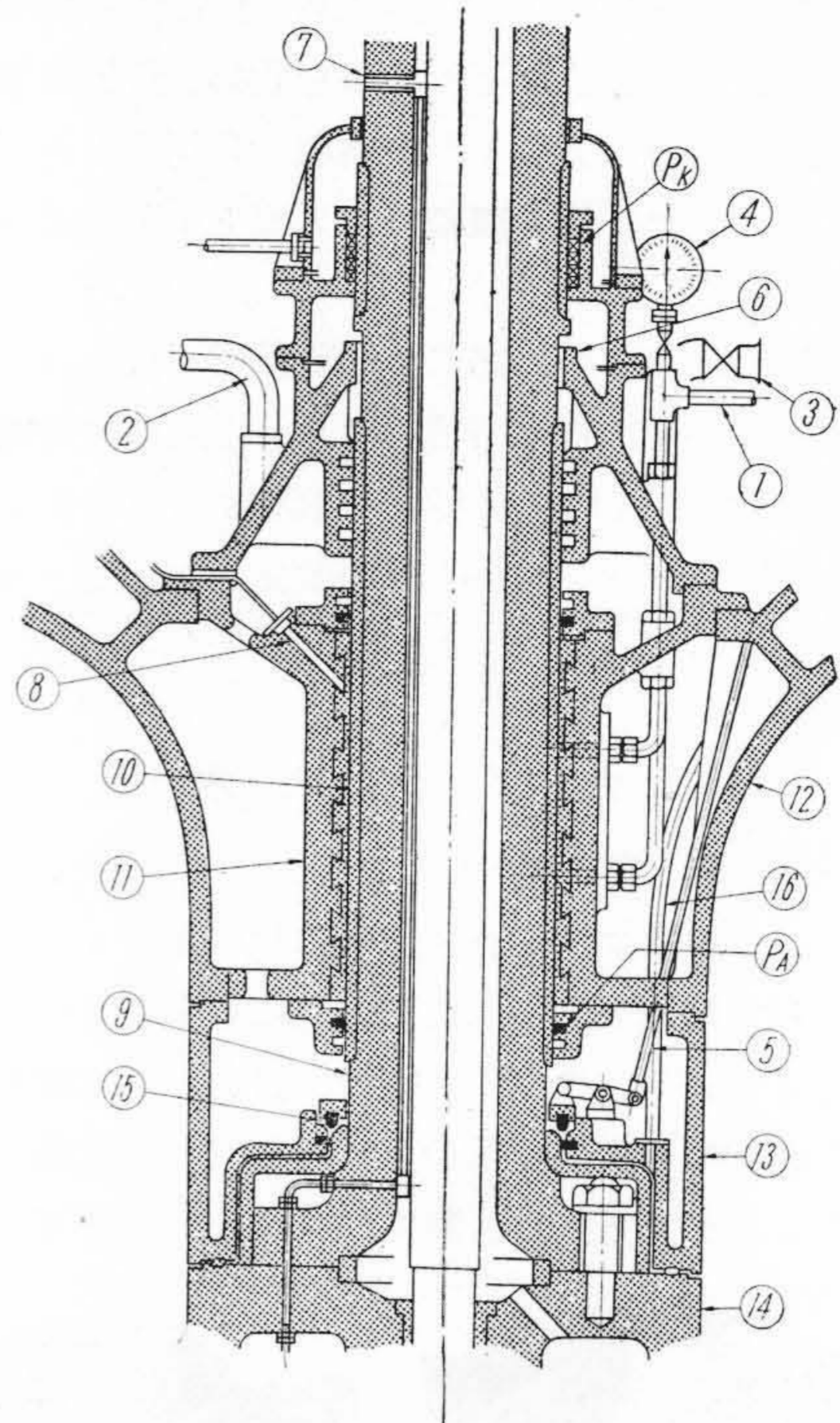
グリース給油式には実際運転結果より種々の改良が加えられ、最近は大體第7図の如き構造を採用しているが、その結果グリース消費量は非常に軽減することが出来、而もその取扱いは甚だ容易となつた<sup>(17)</sup>。

## [IV] ペルトン水車

### (1) 洪水時水面低下装置

ペルトン水車は洪水時ケーシング内に水位が上昇すると運転が不可能となるので、従来は最大洪水位以上に水車が設置されていた。地勢の関係上万一河川の水位の変動が激しい地点にペルトン水車が設置される場合は、最低水位と最大洪水位との間の落差が放棄されることになり、我国に於てはこのような地点がかなりあるためその損失エネルギーは相当量に達している。

今回松尾川第二発電所用 22,200 kW ペルトン水車の



- |                         |                |
|-------------------------|----------------|
| ①グリース給油管                | ②清水給水管(主軸受冷却用) |
| ③自動空気吸入弁                | ④グリース圧力計       |
| ⑤停止後に於ける主軸フランジ部漏水浸入防止装置 |                |
| ⑥主軸及びランナー分解後懸垂箇所        |                |
| ⑦ランナーよりの漏水排水孔           | ⑧温度計取付孔        |
| ⑨主 軸                    | ⑩主軸ライナー        |
|                         | ⑪主軸受           |
| ⑫水車カバー内側(上)             | ⑬水車カバー内側(下)    |
| ⑭ランナーボス                 | ⑮ゴムパッキング       |
| ⑯空気送入管                  |                |

第7図 カプラン水車グリース給油式主軸受構造 (特許 179950 号)

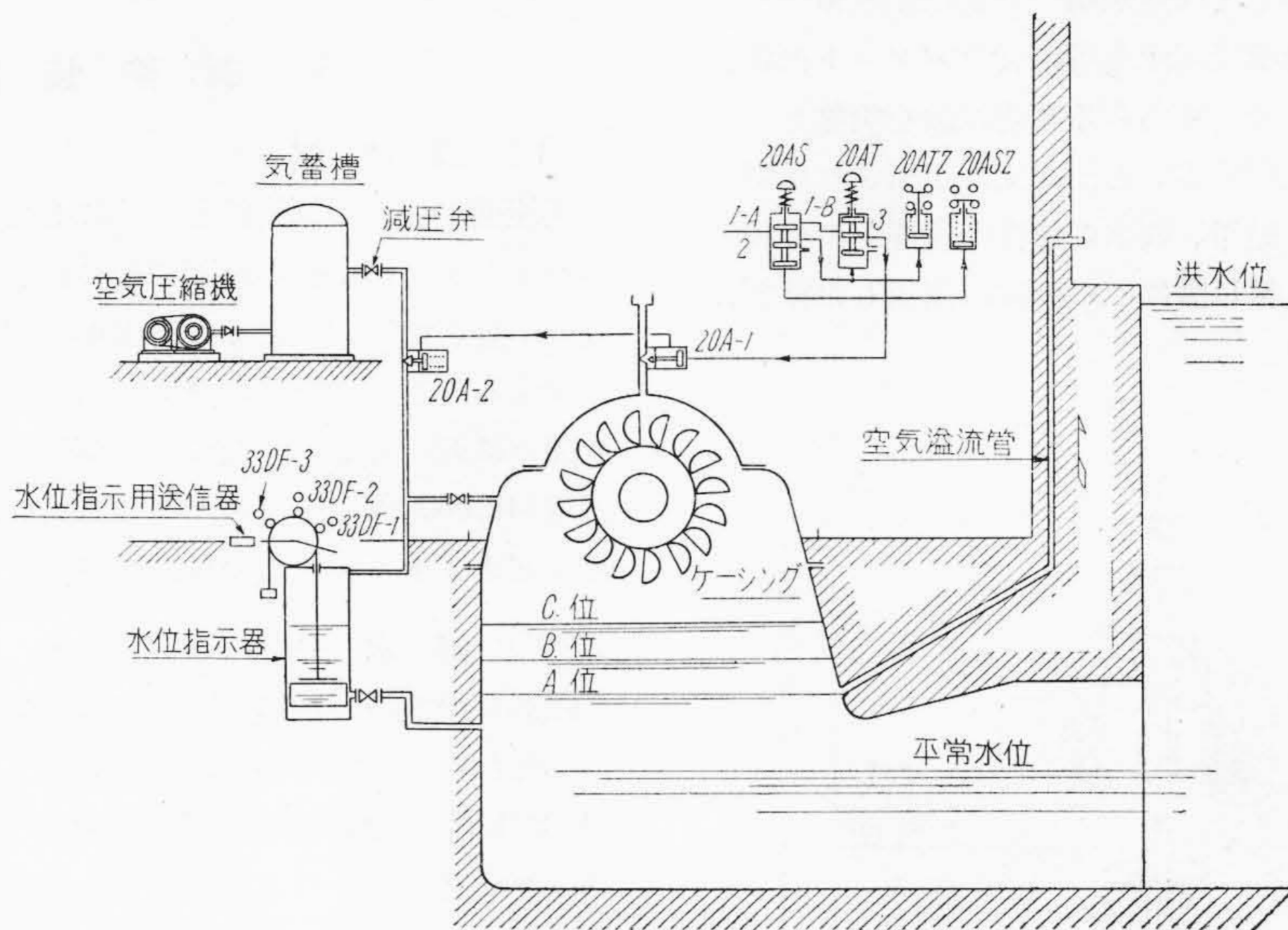
Fig. 7. Sectional View of Grease Lubricated Guide-Bearing for Kaplan Turbine (Pat. No. 179950)

計画に当つては第8図の如く最低水位と最大洪水位間の落差が 6.7 m に達したため、運転中水位が上昇した場合は積極的にケーシング内に圧縮空気を自動的に圧入してケーシング内の水位を低下させることとし、水車中心位を最低水位より 3.8 m の高さに設置する案が採用された(特許出願中)。これにより第1表の如く松尾川第一発電所用 21,200 kW 水車と略々同一仕様の水車となり、両者は建家の構造様式は全く異なるが、水車及び発電機は全く同一の機器を設計製作し得ることとなり大きな利益を収めることが出来た。

### (2) 縦 軸 構 造

ペルトン水車を縦軸構造とすれば、横軸構造に比し水車効率上昇し、建家の据付面積を縮減し、水車及び発電機の所要資材を軽減することが出来る。白根発電所用





第8図 ペルトン水車洪水時水面自動低下装置

Fig. 8. Automatic Water Level Suppressing Device for Operating Pelton Wheels at Flood Times

ペルトン水車の計画に当つてはこれ等の点に関し詳細検討の結果第9図(次頁参照)の如く堅軸案が採用されることゝなつた<sup>(18)</sup>(第6表参照)。

本水車の特長の一としてノズル4箇にそれぞれサーボモータを設けて水位調整機により自動的に第10図(次頁参照)の如くノズルを1本、2本及び4本に切換えて通水し高能率運転を行なわせることゝした(特許申請中)。元来堅軸構造とすれば横軸構造よりも水車効率が高くなるものであるが、更に上述の構造により軽負荷に於ける

効率を著しく高めることが出来る<sup>(19)</sup>。

横型試験に際しては噴射水がバケットに当つて上方にはね返る落水水滴により、バケットの裏をたゞかれる点に特に関心をもつて、6種のカバーを作つて比較試験を行い、その中の最も性能の良好な形状を選定することゝした。このはね返りの水滴はカバーの形状が良好であれば、水量が増大するにつれて外方に半球面状にバケットの外周に拡がつて落下し、噴出水の作用に全く障害を与えないことが判明した。

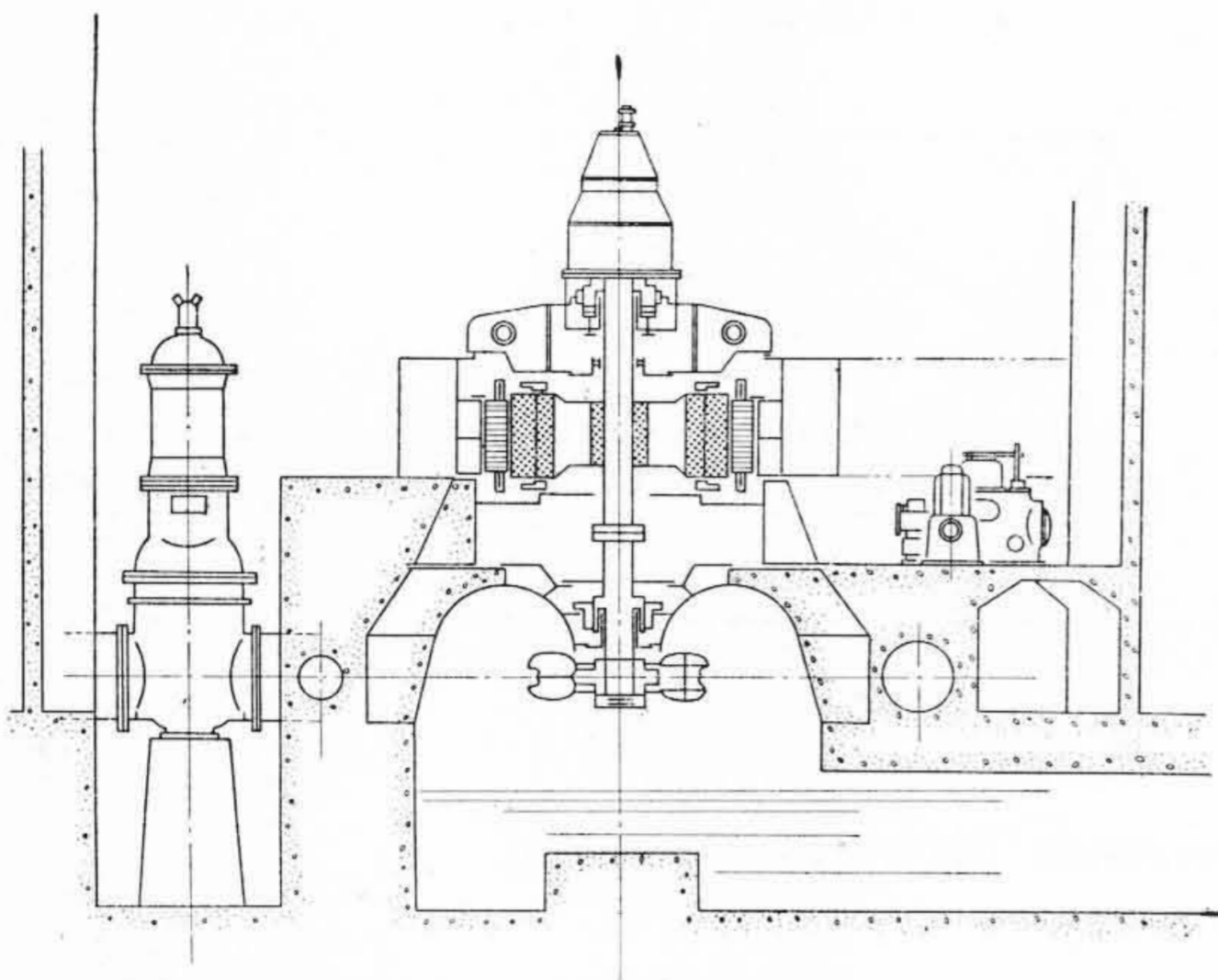
第6表 堅軸ペルトン水車製作例

Table 6. List of Vertical Pelton Wheels in the World

| 国名     | 発電所名         | 出力 (kW) | 落差 (m) | 水量 (m <sup>3</sup> /sec) | 回転数 (r.p.m.) | 台数    | 製作者      | 製作年度 |
|--------|--------------|---------|--------|--------------------------|--------------|-------|----------|------|
| Canada | Kemano       | 106,000 | 760    | ( 15.62)                 |              | 3(16) | P.W.W.C. | 1954 |
| Canada | Bridge River | 46,250  | 366    | (146.00)                 | 300          | 3(10) | P.W.W.C. |      |
| France | (不明)         | 34,200  | 400    |                          | 350          |       |          |      |
|        | Handeck      | 22,400  | 540    | ( 4.80)                  | 500          | 4     | E.W.C.   | 1924 |
|        | (不明)         | 22,400  | 365    | ( 7.16)                  | 428          |       |          |      |
| Spain  | Rio Cinca    | 15,250  | 490    | ( 3.65)                  | 500          | 5     | Boving   |      |
| Chile  | Mai Po       | 13,900  | 229    | ( 7.00)                  | 250          | 3     | E.W.C.   | 1727 |
| 日本     | 白根           | 12,000  | 204    | 6.66                     | 300          | 1     | 日立       | 1953 |
|        | Cardano      | 11,000  | 144    | ( 8.68)                  | 250          |       | E.W.C.   |      |
|        | 不明           | 10,000  | 400    | ( 2.95)                  | 600          |       | E.W.C.   |      |
|        | Biaschina    | 7,450   | 260    | 3.75)                    | 300          |       | E.W.C.   | 1913 |
| U.S.A. | Bear Rioer   | 55,000  |        |                          |              |       | P.W.W.C. |      |

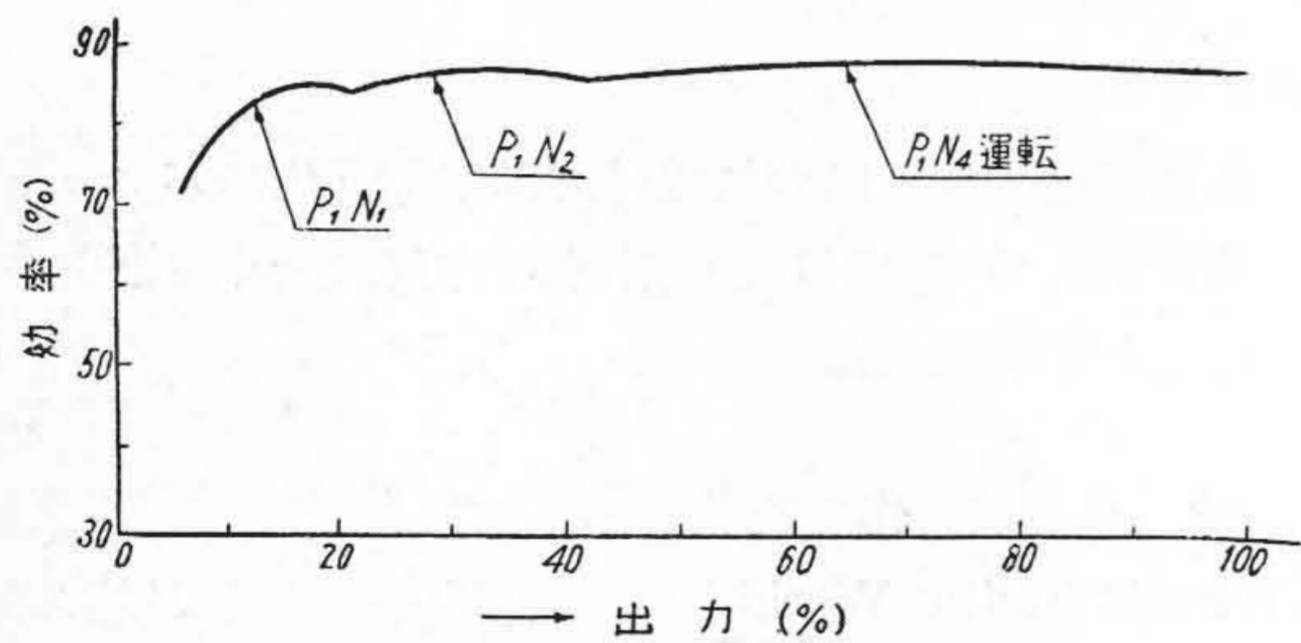
備考 ( ) 内数字は計算による推定数値を示す。

ペルトン水車に関しては然別第一発電所用水車<sup>(20)</sup>、松尾川第一及び第二発電所用水車等に就きバケット形状、取付角、ノズル等に就きあらゆる基礎試験を実施し、その性能を飛躍的に上昇することが出来たが、これを更に堅軸構造に進展した結果、両者の特性の相違を十分調査することが出来た。第11図にこの試験に使用した模型ランナーの一部を示す。



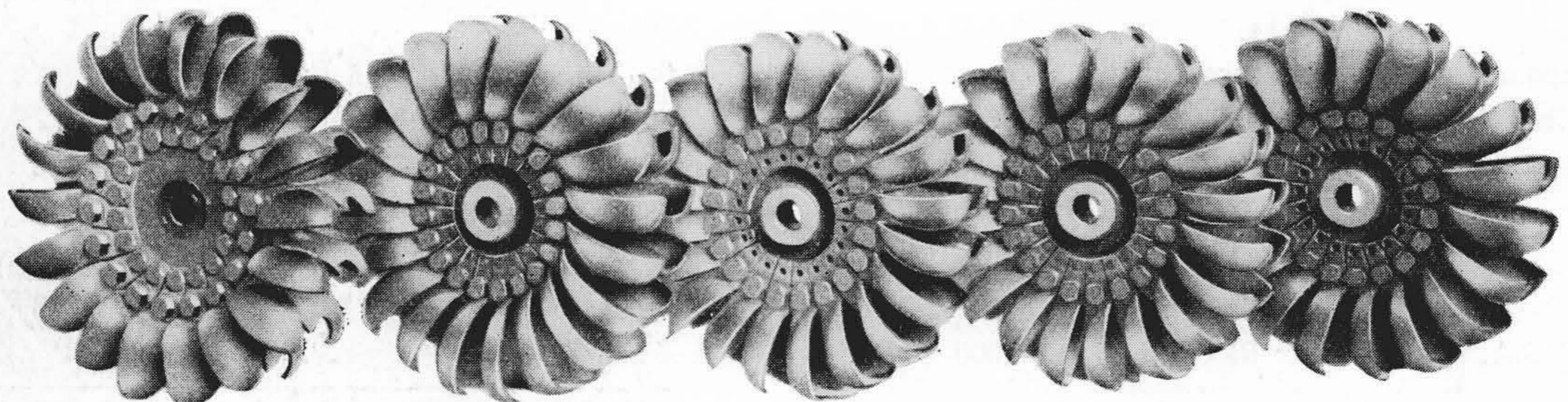
第9図 堅軸ペルトン水車及び発電機構造図  
(特許申請中)

Fig. 9. Longitudinal Section through a Vertical Pelton Wheel and Generator Set



第10図 堅軸ペルトン水車の高能率運転を行う場合の効率曲線

Fig. 10. Efficiency Curves of a Vertical Pelton Wheel Operated with Number of Nozzles Changed



第11図 ペルトン水車模型試験用ランナー例

### [V] 調整装置

#### (1) 调速機

调速機を従来の制御盤と一体にして所要の計器及び操作ハンドルを制御盤の前面につけ、内部機構は運転中でも十分点検出来るような所謂キャビネット型调速機を完成することは長い間の懸案であつたが、愈々その完成を間近に迎えることゝなつた。第12図に神通川第一発電所用 48,000 kW 水車の一部として納入される日立標準キャビネット型调速機の外觀骨子図を示す。

#### (2) 制水弁

蝶形弁の弁の外周に矩形状ゴムリングを挿入し全閉時の水漏れを防止する構造が考案実施され、千手発電所用 44,760 kW 水車に良好な実績を収めてより<sup>(21)</sup>、このゴムパッキングに種々の改良が加えられ、蝶形弁は次第に中落差以上の領域に進出採用されるに到つた。

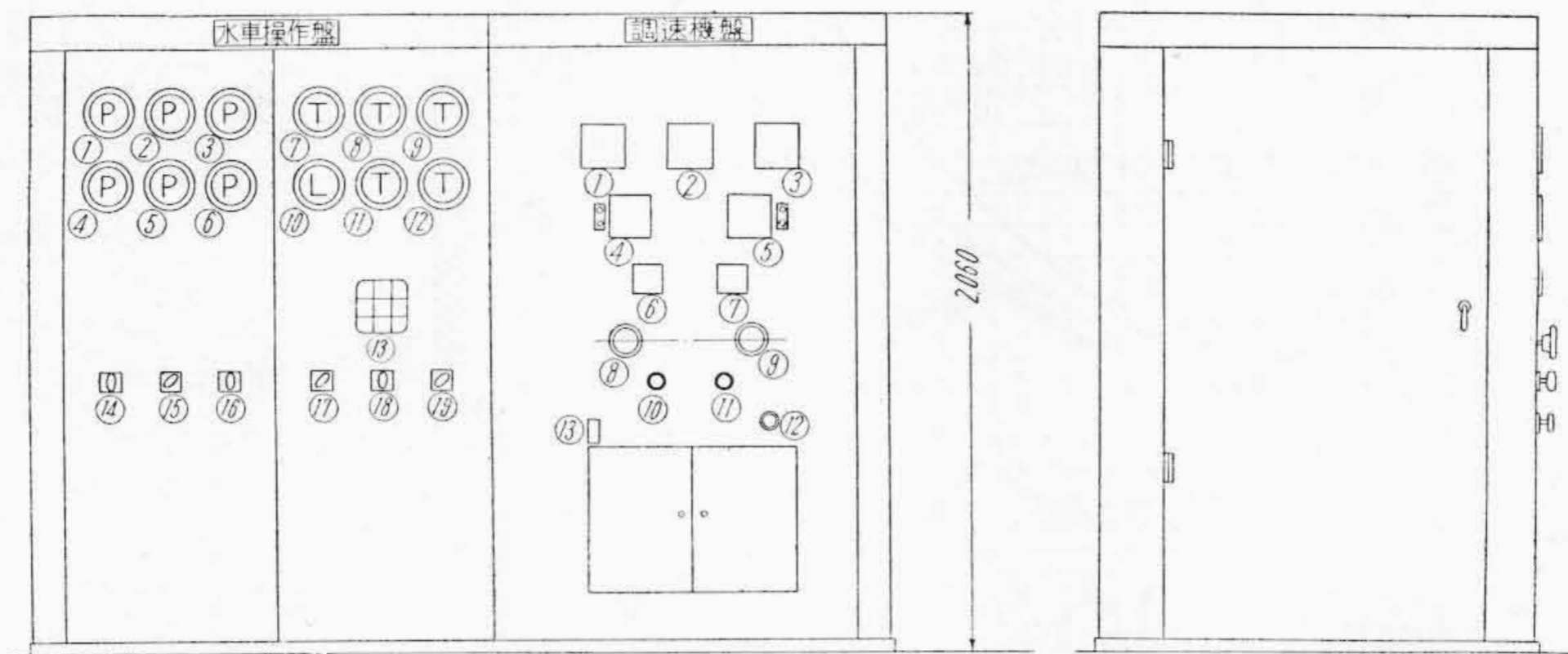
第13図は天冷発電所用 26,500 kW 水車及び神通川第一発電所用 48,000 kW 水車の入口弁に採用された管状ゴムリングの骨子図で、弁全閉後管状溝内に圧力水をブランジャーポンプで圧入しパッキングを弁体側に密着させて水圧を完全に遮断し得る(特許出願中)。前者は既に工場に於ける水圧試験及び据付現場に於ても良好な成績を得ており、今後中落差以上に蝶形弁を適用するための好適な構造の一と考えられる。

沼沢沼、天冷、明塚等各発電所用鉄管弁に使用される蝶形弁には、何れも第14図の如き電動式構造が採用された。何れも電源の故障時に備えて手動操作ハンドルを有する。

#### (3) 高能率運転装置

我国の河川は豊水期及び渇水期間の水量の変化が激しく、水路及び負荷の状況によつては毎日の負荷が相当激しく変動する地点もあり、しかも種々の事情から設置台数を減少して単位容量を増大する傾向にある。従つて水車の軽負荷時、変落差時或いは周波数変動時に於ける効率を手動又は自動的に増昇せしめるよう努力することが肝要である。かくの如き改善実施例を次に述べる。

Fig. 11. Pelton Runners for Model Test

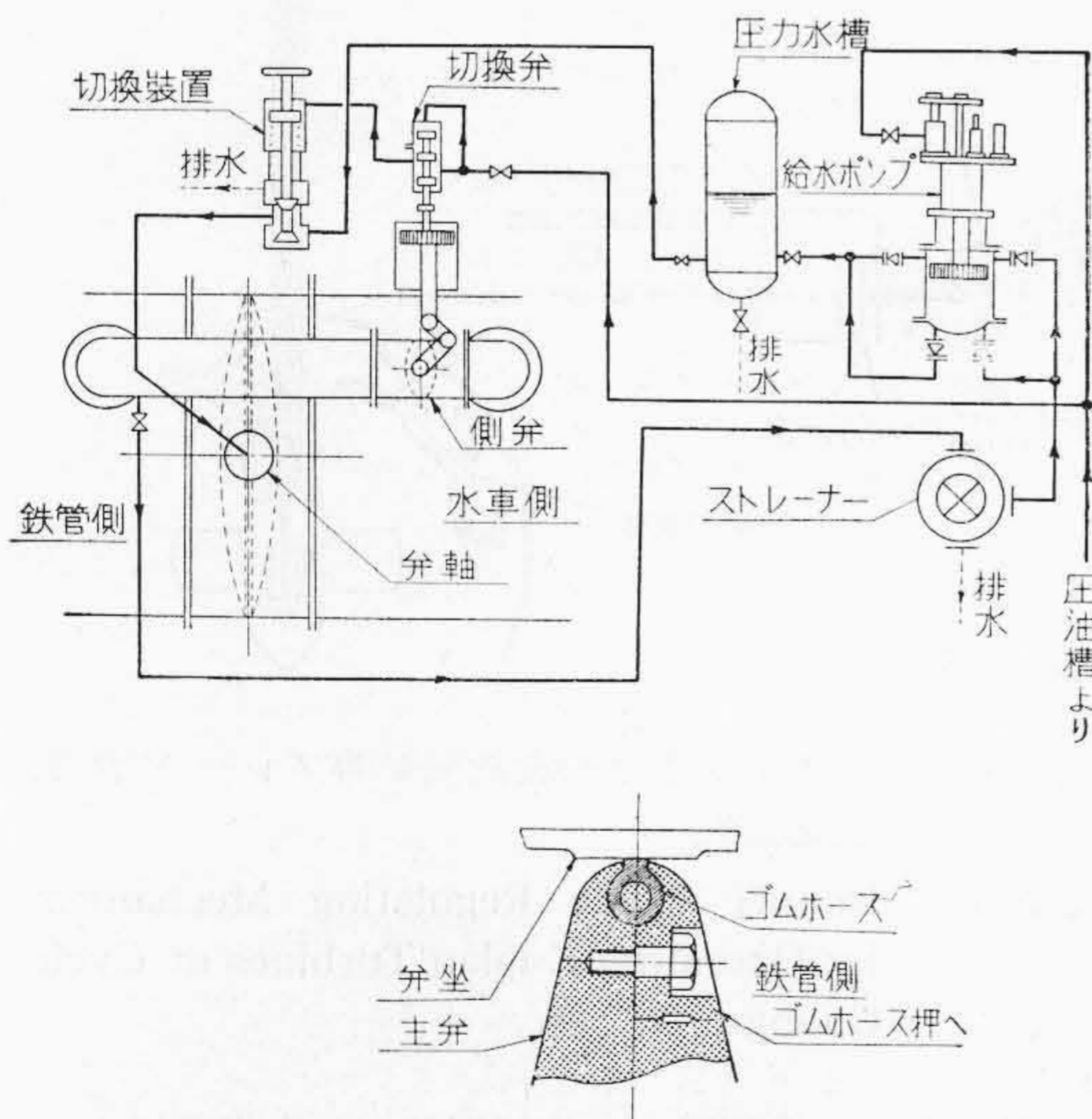


- |  |  |
|--|--|
| <p>水車操作盤</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 鉄管水圧</li> <li>2. ケーシング水圧</li> <li>3. ランナー外周圧力</li> <li>4. ランナー外側背圧</li> <li>5. ランナー内側背圧</li> <li>6. 吸出管真空度</li> <li>7. 発電機案内軸受温度</li> <li>8. 発電機推力軸受温度</li> <li>9. 水車主軸受温度</li> <li>10. 吸出管水位</li> <li>11. 発電機空気冷却器入口温度</li> <li>12. 発電機空気冷却器出口温度</li> <li>13. 集合表示灯</li> <li>14. 入口弁開ハンドル</li> <li>15. 入口弁閉ハンドル</li> <li>16. 水車運転用ハンドル</li> <li>17. 水車停止用ハンドル</li> <li>18. 空気弁及び給水弁開ハンドル</li> <li>19. 空気弁及び給水弁開ハンドル</li> </ol> | <p>調速機盤</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 油圧計</li> <li>2. 発電機出力</li> <li>3. 回転計</li> <li>4. 負荷制限ガイドベーン開度</li> <li>5. 速度調整位置指示</li> <li>6. ブレーキ空気圧</li> <li>7. 速度調定率指示計</li> <li>8. 負荷制限ハンドル</li> <li>9. 速度調定率調整ハンドル</li> <li>10. ブレーキハンドル</li> <li>11. 速度調定率調整ハンドル</li> <li>12. 非常停止用ハンドル</li> <li>13. キャビネットスイッチ</li> </ol> |
|--|--|

T = 温度計    P = 圧力計  
L = 水位指示計

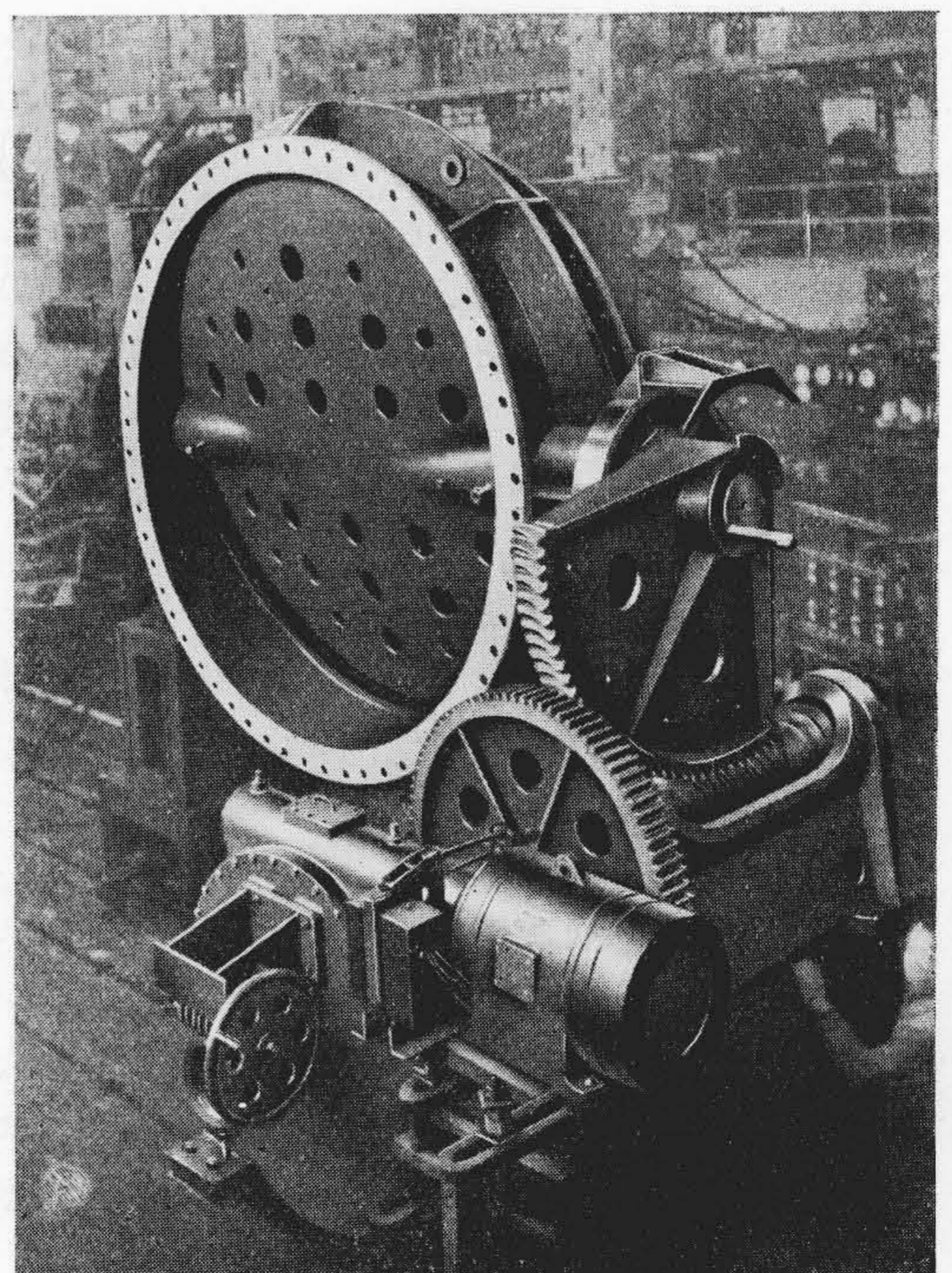
第12図  
日立標準キャビネット型調速機外観図

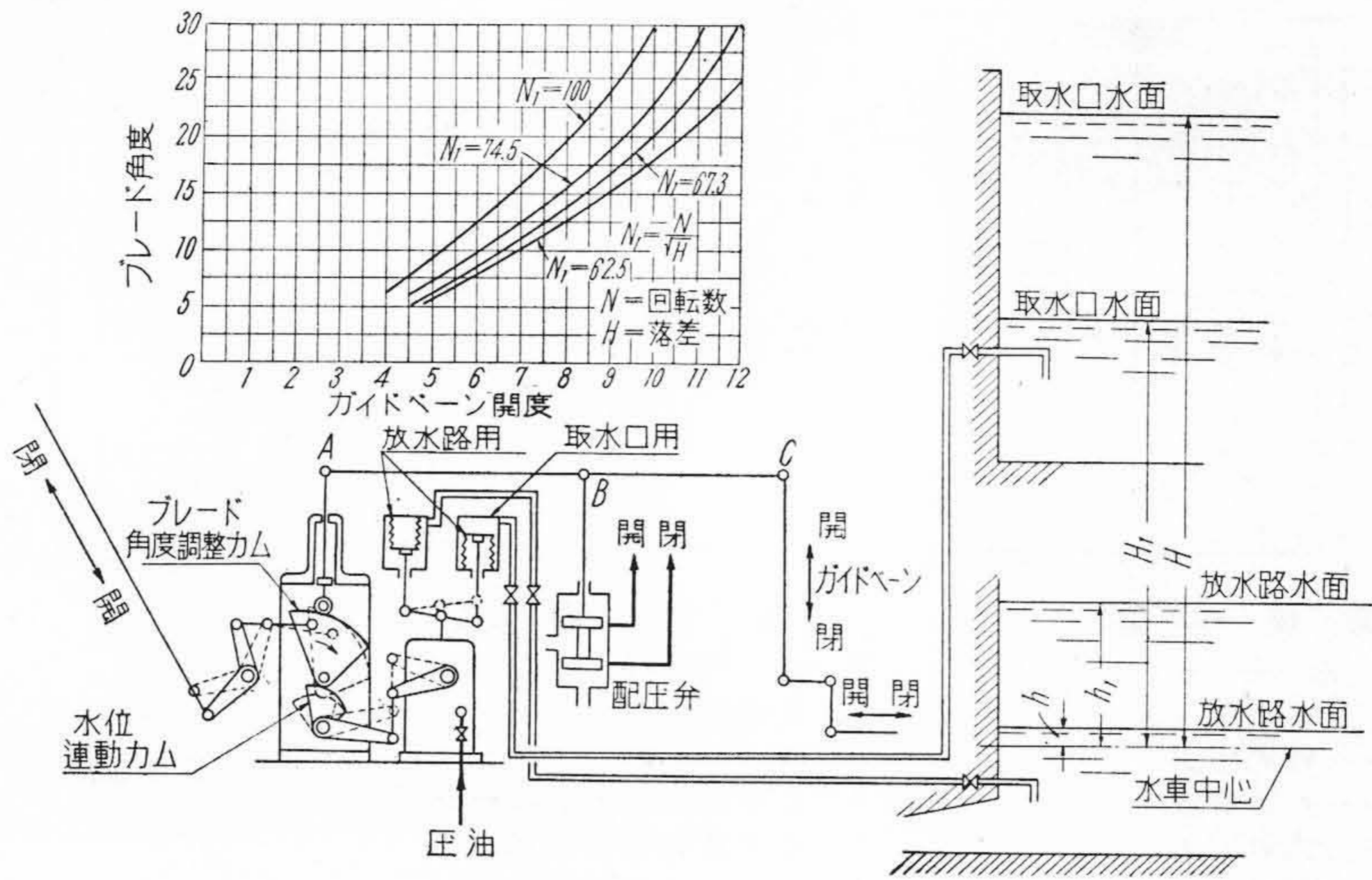
Fig. 12.  
Outside View of Hitachi Standard Cabinet Type Governor



第13図 蝶形弁漏水防止装置  
Fig. 13. Water Sealing Method for Butterfly Valves

第14図 電動式蝶形弁工場内操作試験 →  
Fig. 14. Operating Shop Test on a Motor-Operated Butterfly Valve





第 15 図 カプラン水車変落差時ブレード角度自動調整装置

Fig. 15. Automatic Regulating Mechanism of Runner Blade under Variable Heads

(A) カプラン水車変落差時ブレード角度自動調整装置

貯水池或いは調整池の水位変動の激しい地点にカプラン水車が採用される場合、落差の変動に応じて自動的にブレード角度を案内羽根開度の関係を最も効率のよい位置に移動することが出来る。第 15 図はその操作系統図で、取水口と放水路の水圧の変化で動作するベローにより圧油を操作力とする腕を動作させ、これにより水位連動カムを回転する。このカムによりブレード角度と案内羽根角度を調整するカムの回転軸の位置を上下に調整し、有効落差変動による修正を行うことが出来る(特許出願中)。

(B) カプラン水車周波数変動時連動装置

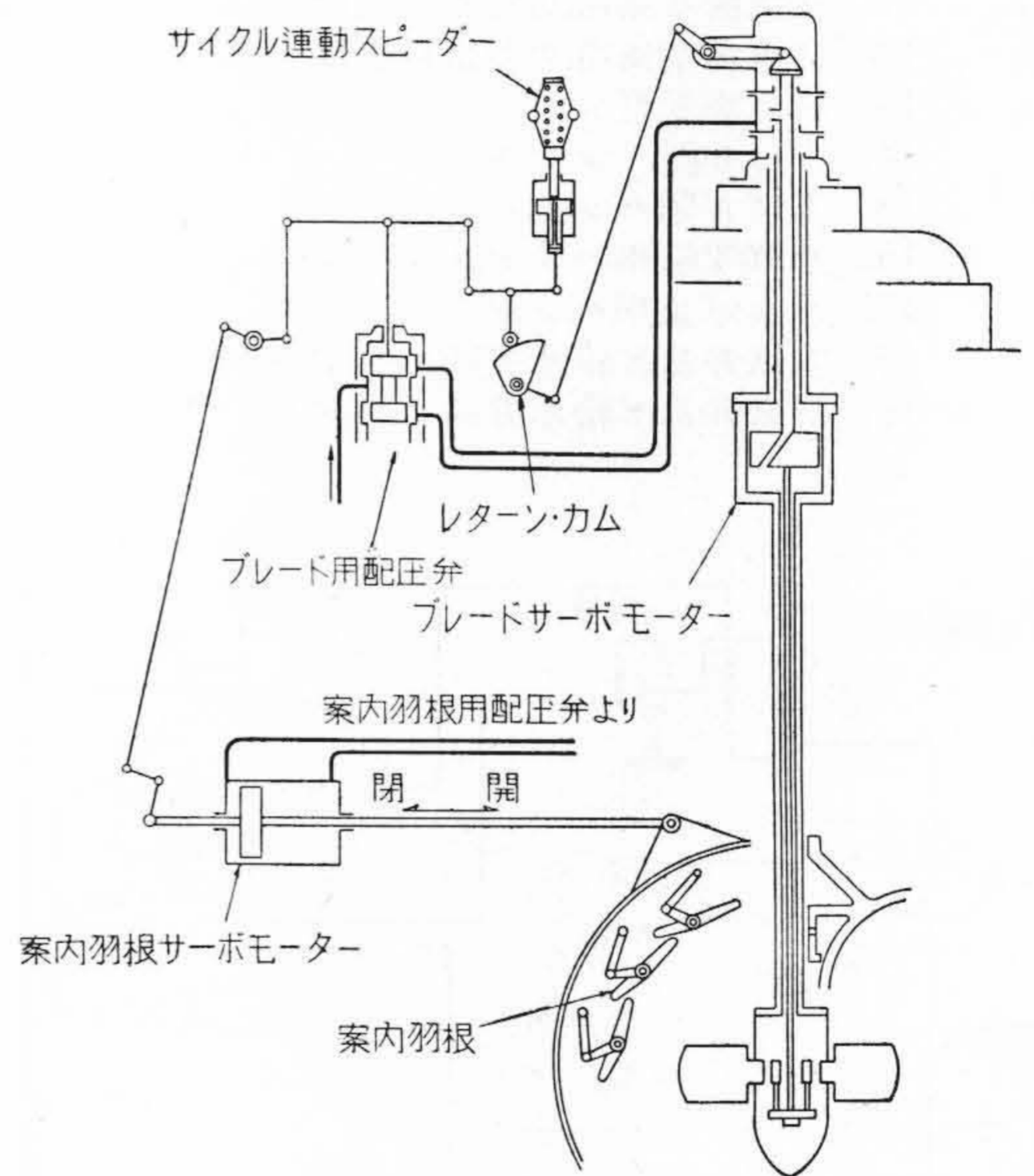
送電系統の周波数が規定値より変動した場合、その変動に応じてブレード角度と案内羽根開度を自動的に修正させるもので、ランナーと案内羽根両サーボモーター間の復原機構の途中に第 16 図の如く周波数の変動に応ずるスピーダーを別に設けたものである(特許出願中)。

(C) ペルトン水車針弁自動切換装置

横軸ペルトン水車にはランナーとノズル数の組合せにより下記の如く類別される。

- $P_1N_1-H$ ...単輪単嘴管ペルトン水車
- $P_1N_2-H$ ...単輪二嘴管ペルトン水車
- $P_2N_2-H$ ...二輪二嘴管ペルトン水車
- $P_2N_4-H$ ...二輪四嘴管ペルトン水車

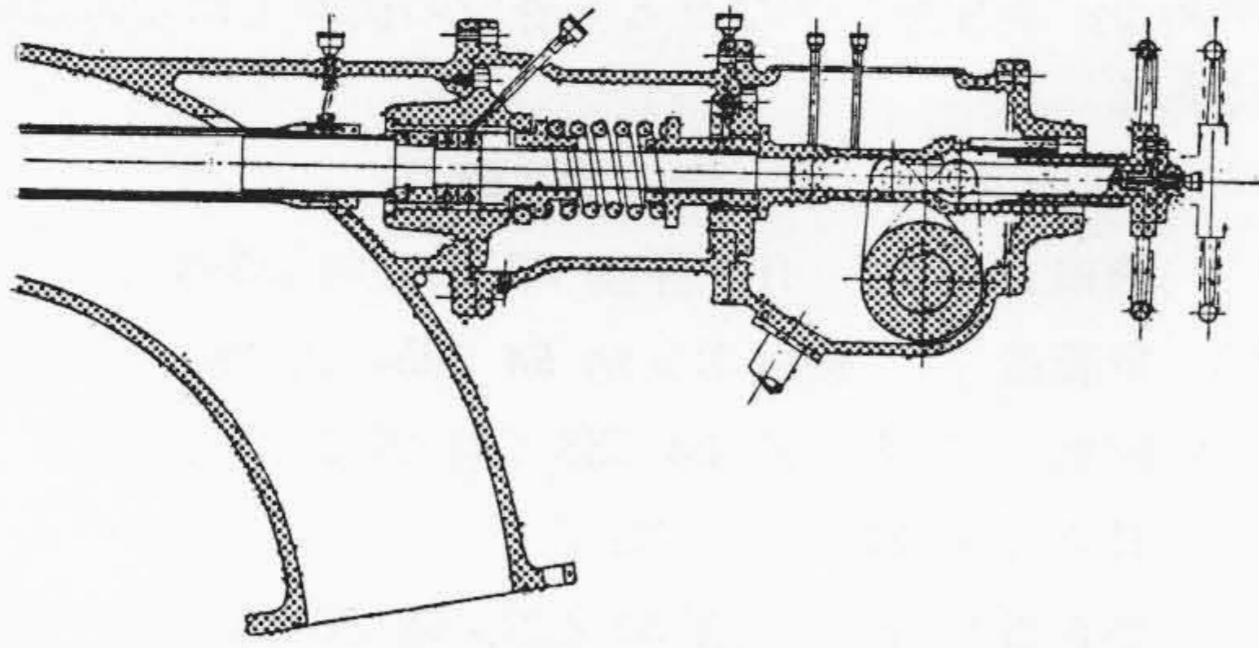
従つて過水期全設を通じ或いは毎日の負荷変動に伴なう軽負荷時に際し上述のノズル管数を手動切換若しくは負荷の変動に応じて自動的に切替えるようにすれば、水車効率を相当上昇させることが可能である。



第 16 図 カプラン水車周波数変動時ブレード角度連動装置

Fig. 16. Runner Blade Regulating Mechanism for Operating Kaplan Turbines at Cycle Change

手動による切換装置は、第 17 図例の如き構造によりすべての針弁をサーボモータにて一旦全閉し、所要のノズル以外を手動クラッチにて固著しサーボモータとの連動を外すもので、本構造はこの切換を比較的簡単確実に行い得る特長を有し(特許出願中)、季節的にその切換を行う地点に適當である。



第 17 図 ヘルトン水車手動式ノズル切換装置  
(特許出願中)

注: ハンドル 右回数で 1ノズル運般  
左回数で 2ノズル運般

Fig. 17. Manual Nozzle Operating Device for Pelton Wheel

自動的に切換を行うにはこれが検出方法及び切換ノズル箇数の組合せにより種々の構造が考えられるが、然別第一発電所用 14,000 kW 水車及び松尾川第二発電用水車にはパワーレギュレータより松尾川第一発電用水車には水位調整機をそれぞれ検出部とし、何れも P<sub>2</sub>N<sub>4</sub>-H 型式の水車に対し 2 箇のランナーの針弁を負荷に応じて 2 本 4 本に自動的に切替えるものである (特許出願中)。

(4) 調相機運転

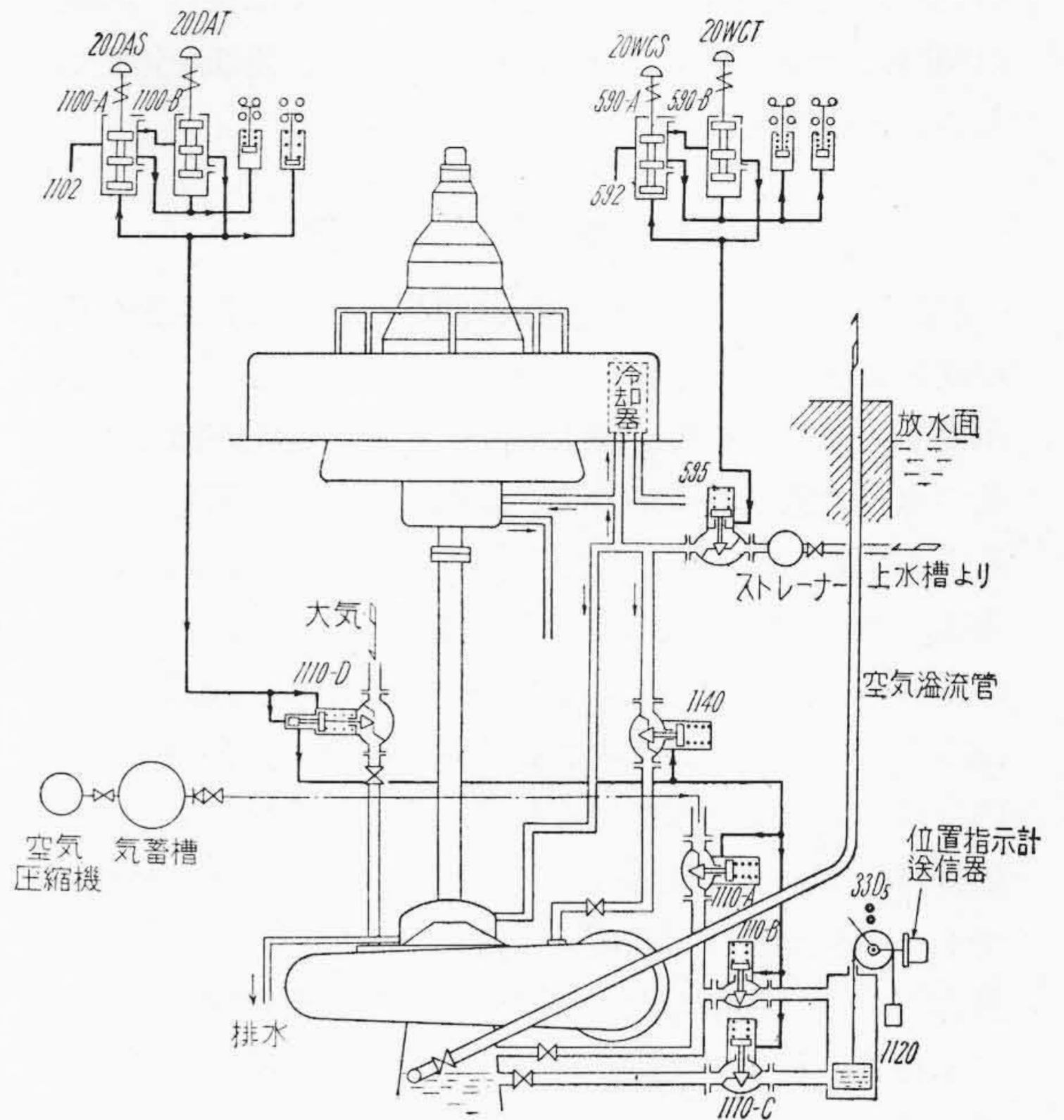
終戦後製作納入されたランナーが従前のものに比し腐蝕磨耗が激しいと云う批判を折々受けることがある。これは戦時中森林の樹木の濫伐により山肌を荒廃させたことにより流水中に土砂の含有量を増加せしめ、又一時工場に入荷された素材の材質不良なものを止むを得ず使用したこと等の他に、送電系統の電圧の低下を防止するために水車発電機として無負荷に近い運転を行う場合があること、或いは発電所としては軽負荷運転時にこれを 1 台運転として残余水車を停止することなく、種々の事情により数台全部に極く僅少の負荷をかけること等が屢々見受けられる。

後の二者に就いては何れにしても水車側としては極めて好ましくない運転状態であつて、例えば、

1. 水車として極めて低い効率の範囲に属する運転であること。
2. 貯水池或いは調整池の貴重な水を流出せしめること。
3. ランナーに就いては思いの外腐蝕磨耗を促進させること。

等になり易い。

寧ろこのような場合には水車への通水を停止して発電機を調相機運転とし、無効の放流を止めて貯水することとし、水車の負荷は極力 1 台に纏めて大きな負荷をかけるように努力すれば、水車としては出力を増加すると同時に、ランナーの腐蝕磨耗を軽減し、しかも送電系統の



第 18 図 洪水時調相機運轉用水車ケーシング自動排水装置

Fig. 18. Automatic Dewatering Device on Turbine Casing for Condenser Operation during Flood Times

電圧をあげることが可能となる。既設発電所に於て調相機運転を実施するための改造は極く僅かの追加資材で行うことが出来、その結果は非常に大きな出力増加が収められる。

第 18 図は洪水時放水面が水車ケーシングより上位になる場合でも調相機運転を行わせる系統骨子図で神通川第一発電用水車に採用されたものである。図に於て発電運転より進相運転に切替えるには、切換スイッチを進相側に切替え、主幹制御器を「入口弁閉」の位置に戻せばガイドベーン及び入口弁が全閉される。同時に進相運轉用電磁石 20 DAS が附勢されて電磁弁 1100-A を操作し、圧油 1102 を空気弁 1110-D に通じる。空気弁 1110-D は吸出管振動防止用送気管途中に設けられ、発電運転時には開放されているが、圧油が通じれば直ちに全閉して大気との連絡を遮断する。この弁の頂部には油圧切換弁があつて全閉と同時に圧油を次の 1140 給水弁、1110 A, B, C 空気弁に送る。1140 給水弁は冷却水をランナー外周に送つて空転による過熱を防止する。又 1110 A, B, C の開放によつて気蓄槽よりの圧縮空気は吸出管内に送入され、水面を圧下してランナーを離水せしめる。圧下水位は空気溢流管の開口位置によつて定まるが、尙それは吸出管と連通するフロートタンク内の水位指示装置によつて常時配電盤に表示される。圧下中に万一故障

のため水位が危険限界まで上昇した場合には接点 33D<sub>5</sub>の閉路によつて急停止用継電器が作動し、運転を停止させることが出来る。

## 〔VI〕 結 言

最近の水車の設計製作技術に関し主として日立製作所の成果より生み出されたものゝ一部を紹介した。元来我国の河川は豊水期及び渇水期間の水量の変化が激しく、且つ水質の悪い地点が多く、輸送に不便な箇所も相当あるように思われる。しかし我国の今後の新設計画には極力建設若しくは運転に要する経費及び資材を節減し、しかも最大負荷時の運転効率を増昇するため、設置台数を減少して単位容量を増大させる傾向が強い。従つて国内に使用される水車にはそれぞれの異なる事情を十分考慮検討の上計画されるべきであつて、取扱いが容易確実でしかも強度及び耐久度の十分な材質構造のものを設計製作しなければならない。又水路及び負荷の状況によつては毎日の負荷の変動が激しく軽負荷若しくは過負荷に於ける効率の高いことが要望され、ランナーの性能向上は最も重要な研究問題である。尚渇水期に於ける出力増強には特に工夫努力が肝要であろう。日立製作所に於て考案されたこれ等に関する新規着想或いはその実施例は極めて多方面に亘り水車の性能も著しく改善され我国水車製作技術の先駆をなしている観がある。海外の文献その他によればこれが新規考案の一部は同様の状況の下では、外国でも最近かなり使用されていることが判明した。

我国内若しくは国外に於ける水力開発が頓に活発な折柄、内外の水車製作に関する技術の進歩は益々著しいも

のがある。本文が多少なりとも各位の御参考になれば幸甚である。

## 参 考 文 献

- (1) 徳田、小森：日立評論 32 50 (昭 25-2)
- (2) 伊藤龍平：機械学会誌 54 295 (昭 26-8)
- (3) 深栖：日立評論 34 638 (昭 27-5)
- (4) 日立評論 32 7 (昭 25-7)
- (5) 小森谷：日立評論 33 429 (昭 26-6)
- (6) 小森谷：機械の研究 (昭 27-10)
- (7) 斎藤、深栖：日立評論 24 505 (昭 16-11)
- (8) G.H. Voader: "Index Test of Hydraulic Turbine" Trans of A.S.M.E. 441 (1951-7)
- (9) 山崎、手島：日立評論 34 1177 (昭 27-10)
- (10) 小森谷：日立評論 32 69 (昭 25-2)
- (11) 田中、吉山：日立評論 34 1367 (昭 27-12)
- (12) 深栖：日立評論 23 181 (昭 15-3)
- (13) 深栖：水車の理論と構造 125
- (14) H.F. Canaan: "Der heutige Stand der Wasserturbinenfanen" V.D.I. Band 93 No. 35 (1951)
- (15) 実用新案 第 347200 号  
実施箇所 仏国 Mondragon 発電所 52,000 kW,  
23.5 m, 107 r.p.m. E.W. 製
- (16) 深栖：機械 14 1 (昭 16-5)
- (17) 深栖：機械学会誌 145 (昭 17-3)
- (18) 管：電力 37 25 (昭 28-1)
- (19) 日立評論 35 11 (昭 28-1)
- (20) 田中：日立評論 35 509 (昭 28-3)
- (21) 今井：日立評論 20 403 (昭 12-6)

