II. 原　　動　　機

Prime Movers

II. 1 蒸気タービン
(Steam turbines)

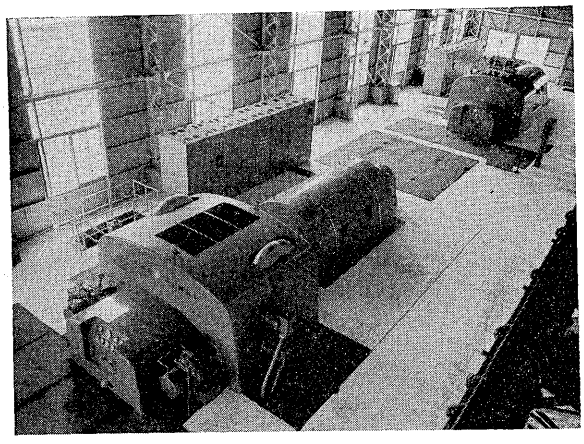
昨年の製作実績はきびしい経済情勢の中にありながらも着実な伸びを示している．このことは年度納入表をみればわかるように高温，高圧のつぼ形タービンから小形のコンパクトタービンを製作し，工業分野に広く進出していることから示されている．昨年製作したもので，まず特長あるものとしては，当社のつぼ形タービンに新しく，そう入ノズル構造を採用したことである．この種のタービンは昨年中に3台製作した．すなわち呉羽化学工業・錦工場に納入した 14,400 kW の背圧タービン，旭化成工業・延岡工場向け 15,000 kW 背圧タービンおよび大昭和製紙・富士工場向け 15,000 kW 背圧タービンで，回転数はいずれも 3,000 rpm である．そう入ノズル式つぼ形は超高温，高圧タービン用として開発されたもので，つぼ形ケーシングはほぼ完全に回転対称形のつぼとして作られ，内部から放射状にノズル室をそう入し，外側から締付ナットおよびセンタリングにより気密面に圧着し固定する．非常止め弁および制御弁は一体の鋳物から作られ，他の制御弁とともに短いパイプによりノズル室に連結され，コンパクトに配置されている。

この構造は従来のノズル室一体鋳造形のつぼ形にくらべ，構造の簡単なこと，鋳造の容易なこと，負荷変動に対する応答性の高いことなどにすぐれた特長をもっている．また高温，高圧タービンになるとロータの GD^2 は出力の割に小さく，負荷しゃ断時の回転数の上昇が大きくなりがちであるので，特に新しく開発したロードタイムリレーを採用して回転数上昇を極力低くするように努めた．全負荷しゃ断時の結果は，一例として呉羽化学工業向けタービンの実績をあげるとロードタイムリレーなしの場合の瞬時速度上昇率は約9％であったが，リレー

第II・1表 蒸気タービン年度納入表
Table II・1. Supply list of steam turbines

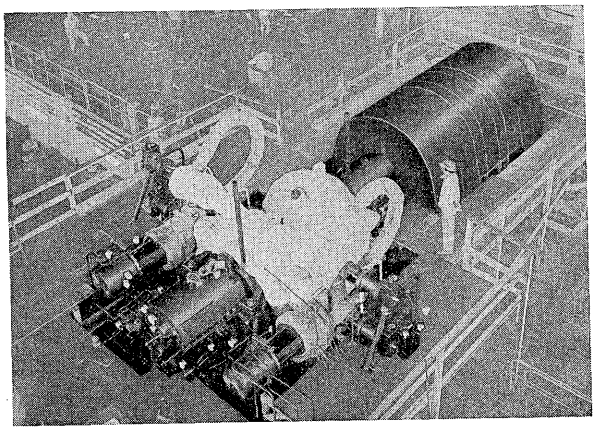
納入先	発電所名	容量 (kW)	回転数 (rpm)	初気圧 (kg/cm²g)	初気温 (℃)	背圧 (kg/cm²abs)	形式	用途	台数
東京電力	川崎発電所V	175,000	3,000	190	538/538	0.051	再熱式	発電	1**
小野田セメント	津久見第二	30,000	3,600	42	435	0.049	復水式	発電	1*
東海製鉄	東海火力発電所2号機	25,000	3,600	88	510	0.041	抽気復水式	発電	1*
旭電化工業	尾久工場	16,500	6,000/3,000	111	525	5	抽気背圧式	発電	1*
旭化成工業	延岡工場	15,000	3,000	119	495	5.5	背圧式	発電	1
大昭和製紙	富士工場	15,000	3,000	106	500	5	背圧式	発電	1
呉羽化学工業	錦工場	14,400	3,000	119	535	20	背圧式	発電	1
呉羽化学工業	錦工場	9,600	3,000	18.5	310	0.08	抽気復水式	発電	1
三興製紙	祖父江工場	9,600	6,000	100	500	5	抽気背圧式	発電	1
新日本窒素肥料	水俣工場	7,900	8,000	64	445	8	背圧式	発電	1*
日本ゼオン	高岡工場	7,140	8,000	80	465	5	抽気背圧式	発電	1
日本ゼオン	徳山工場	7,000	6,000	55	415	5	抽気背圧式	発電	1*
出光興産	徳山油化工場	5,700	6,000	66.5	465	0.11	抽気復水式	発電	1
旭成化工業	延岡レーヨン工場	1,500	10,750	26	350	5	背圧式	発電	1
日本鋼管	鶴見製鉄所	940	6,000	10	270	0.2	復水式	給水ポンプ	1

（注） * 製作中　　** 富士—シーメンスグループで受注



第 II・1 図　呉羽化学工業・錦工場向け 14,400 kW 背圧タービン

Fig. II・1. 14,400 kW backpressure turbine for Nishiki Works, Kureha Chemical Industry Co.



第 II・2 図　試験中の旭化成工業・延岡工場向け 15,000 kW 背圧タービン

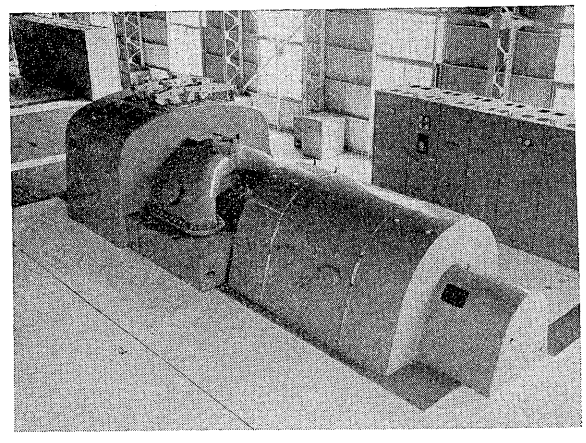
Fig. II・2. 15,000 kW backpressure turbine for Nobeoka Works, Asahi Chemical Industry Co., under testing

をつけることにより約 6% に下がり，良好な結果を得た。

次に抽気復水タービンとして，呉羽化学工業・錦工場向け 9,600 kW 3,000 rpm のタービンおよび出光興産・徳山油化工場向け 5,700 kW 6,000 rpm の2台のタービンを納入した．前者は前述の背圧タービンの後置タービンとして設置されたもので，抽気復水タービンの高圧部，低圧部のスラストを二重つりあいピストン構造を用いることによってそれぞれバランスさせる方式とした．この構造によって運転状態の変化に伴って生じるスラストの変化を極力少なくし運転の安全性を高めた．また抽気圧制御は富士シーメンス式油圧式制御装置を用いており，本装置はリンク機構をほとんど用いてなく，円滑かつじん速な制御動作を行なうことができる。

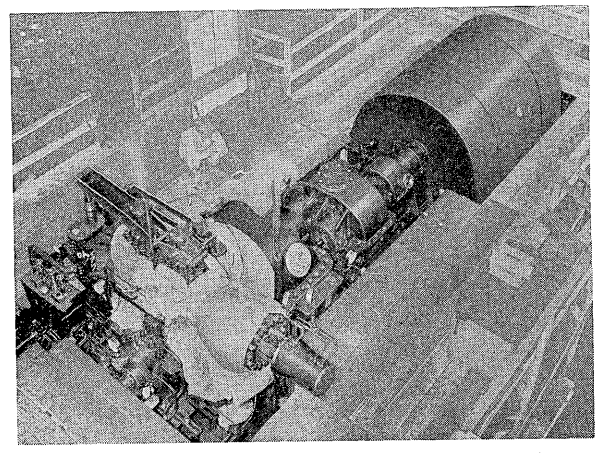
また後者の出光興産向けタービンは，高圧部最大蒸気量 200 t/h 低圧部最大蒸気量 10 t/h と高圧部低圧部の流量に非常に差がある．このため，普通の抽気復水タービンの制御方式を採用せず2台独立のタービンとして考えて高圧部には調速機と抽気圧制御装置を低圧部には別の調速機を働かせて安定な運転ができるようにした．構造は制御抽気圧が 43 ata，タービン入口圧力が 67.5 ata と熱落差が小さいので，高圧部は衝動段1段のみとし，低圧部はカーチス段につづいて，8段の反動段を有するコンパクトな構造とした。

次に2台の（抽気）背圧タービンを製作納入した．すなわち三興製紙・祖父江工場向け 9,600 kW 6,000 rpm のタービンと，日本ゼオン・高岡工場向け 7,140 kW 8,000 rpm のタービンである．両者ともこの種のタービンとしては，高効率を有し，反動タービンとしての優秀性を遺憾なく発揮した．前者は 100 atg 500℃ の初蒸気



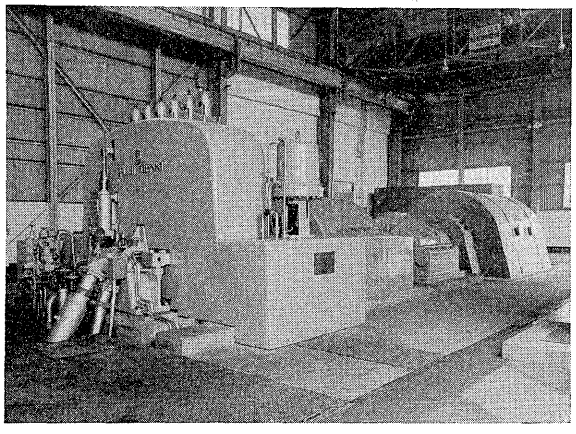
第 II・3 図　呉羽化学工業・錦工場向け 9,600 kW 抽気復水タービン

Fig. II・3. 9,600 kW bleeder-condensation turbine for Nishiki Works, Kureha Chemical Industry Co.



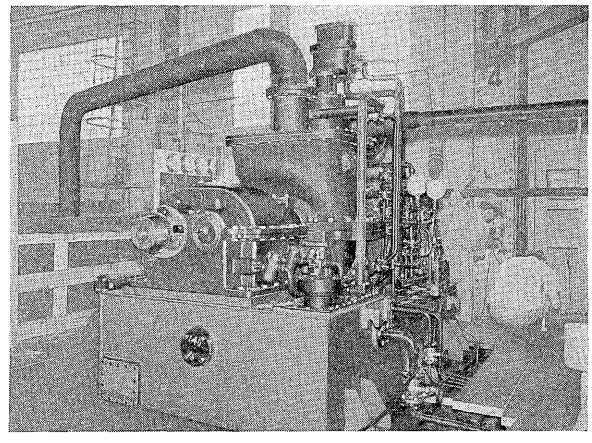
第 II・4 図　試験中の出光興産・徳山油化工場向け 5,700 kW 抽気復水タービン

Fig. II・4. 5,700 kW bleeder-condensation turbine for Tokuyama Oil Plant, Idemitsu Kosan K.K. under testing



第 II・5図　三興製紙・租父江工場向け 9,600 kW 抽気背圧タービン

Fig. II・5. 9,600 kW bleeder-backpressure turbine for Sobue Works, Sanko Seishi K.K.



第 II・6図　試験中の日本鋼管・鶴見製鉄所向け 940 kW 給水ポンプ駆動タービン

Fig. II・6. 940 kW boiler-feed pump driving turbine for Tsurumi Iron Works, Nippon Kokan K.K. under testing

条件であるので第一ケーシングに高速用小形つぼ形ケーシングを採用して高温，高圧に対し，信頼性の高い構造とした．また後者の日本ゼオン向けタービンは，初蒸気条件は 80 atg 465℃，回転数は 8,000 rpm であり水平フランジタイプの当社の工業用標準背圧タービンの一モデルを採用した．当社の工業用標準タービンには，背圧タービン，復水タービン，抽気背圧タービン，および抽気復水タービンにおのおの2種から6種の標準モデルができていて，機械の短期納入，標準部品の使用による保守の容易などを可能としている。

これらのタービンは 6,000～12,000 rpm の高速を採用し，小形かつ高効率の優秀な特色を有している．こうして 80 atg 480℃ 位までの初蒸気条件，出力 15,000 kW 位までのいろいろの用途のタービンの需要にすぐに応じることができる．上述の日本ゼオン向けタービンおよび後に述べる 1,400 kW の背圧タービンはいずれも，この標準モデルで，前者は 500 mmφ の衝動段と 16 段の平均直径 290mmφ の反動段を有し，非常に小形のタービンである．さらに以上にのべた2台の抽気背圧タービンは抽気圧制御はタービン制御弁で行なわず，抽気配管中に設けた調整弁によって行なわれていることである．この方法は，背気蒸気量の変動が少ない場合は，普通の抽気背圧タービンの場合のように，低圧部入口に設けた制御弁による圧力損失を節減できタービンの効率を上昇しまた構造も簡単にすることができた．さらにタービンの低負荷時には，蒸気変換弁によって工場蒸気をまかなう方式とした。

次に小形タービンとして，旭化成工業・延岡レイヨン工場向けに 1,400 kW 10,750 rpm 背圧タービンおよび日本鋼管・鶴見製鉄所向けに 940 kW 6,000 rpm の給水ポンプ駆動用復水タービンを納入した．前者は平均直径 350 mmφ の1段の衝動段と平均直径 222 mmφ の11段の反動段を有する小形のもので，前に述べたように標準背圧タービンの一番小さいモデルである．しかし効率は高く，この種のどのタービンにも劣らないものである。

また後者のポンプタービンは，2段衝動タービンで，タービン台板に油タンク，油冷却器および補機類すべてがとりつけられ，そのまま運搬可能のコンパクトタービンとして設計した．制御は簡単な絞り制御とし，ノズルボックスはタービンケーシングとは別に，高級材料の鋳物を用いてそう入ノズルボックスの方式をとった．また蒸気流入部は非常止め弁と制御弁ケーシングを一体鋳造として，まとめるとともに非常止め弁と制御弁の二つを設けることにより，小容量機でありながらも蒸気しゃ断には，二重の安全性を持たせた．また車軸サポートは3軸受方式とし，タービンの後部ベアリングを省いてギヤ前部軸受に兼用させて軸間距離の短縮をはかるなどコンパクトタービンとしての設計に努めた．復水器は混合形コンデンサとし，運転および保守の容易性に重点をおいた。

以上のように昨年は，各種のタービンを納入したが，いずれも好調に運転している。

さて，昨年受注し現在製作中のものもかなりあり，いろいろの特色を持っている．まず，事業用大容量機としては，東京電力・川崎発電所5号機がある．これは，富士―シーメンスグループとして受注したものでタービン発電機は西独シーメンス社から輸入し，その他の電気品は富士電機で，ボイラは横山工業で製作する．その他給水ポンプは西独ＫＳＢ社製，集じん装置は富士電機で製作する．営業運転開始は昭和40年10月1日である．こ

のタービンは3ケーシングダブルフローの構造で，低圧部の最長翼は 675 mm ですでに高い信頼性を実証されている翼である．高圧部はそう入ノズル方式のつぼ形構造として優秀な負荷変動性，ならびに急速始動性をもたせ，また中圧部はオポーズドフロー形式として，高圧部と同様，信頼性の高い構造としている．また低圧部外部ケーシングは溶接構造とし，それは二つに別れた復水器に連っている．この構造は2連形（Nieren type）復水器として，シーメンス独特の構造のもので，二つにわかれて置かれた復水器間の空間に低圧給水加熱器を配置し，スペースの節減配管の短縮などの利点をもっている．シーメンスの事業用大容量機が国内に導入されたのはこれがはじめてであるが，ここに述べた他にも構造部分，制御機構，保安機構などにかずかずの優秀なる特色を有しており，必らずやわが国の火力発電の技術に新しい息吹きを吹きこむものと信じる。

次に，小野田セメント・津久見工場向け 30,000 kW 3,600 rpm の復水タービンを受注し製作中である．このタービンは，無抽気タービンとして計画されており，低圧部の体積流量はこの種タービンとしては相当大きいが，特に 565mm の翼を用いてシングルフローとした．この翼はシーメンス社の 3,600 rpm 用の標準翼の一つであるが，当社の記録品であるので独自に，この翼の回転振動試験を実施し，充分信頼のおける翼であることを確認した。

またケーシングは静翼ホルダ構造とし，安全性の高い構造とした。

さらに旭電化工業・尾久工場向け 16,500 kW 2段抽気背圧タービンを受注した．このタービンは，高圧部は高速つぼ形ケーシングとして，高効率，および高信頼性を持たせた．2段抽気背圧制御機構も，独特の油圧制御機構を採用し，複雑な工場蒸気の変動および回転の変化にすばやく，かつ安定に動作しうる構造としている。

さらに製作中の抽気背圧タービンには日本ゼオン向け 7,000 kW 6,000 rpm のものがある．本タービンは，高圧部は1段の衝動段（平均直径 440 mmφ）と11段の反動段（平均直径 289 mmφ）低圧部は 500 mmφ の衝動段1段と，平均直径 330 mmφ の反動段5段からなり軸受間距離 1,550 mm シングルケーシングで小形かつ高効率のタービンである．このタービンも後にのべる背圧タービンと同様当社の抽気背圧タービンの標準形の一つである．またこのタービンの制御方式は，並列運転時は抽気背圧制御とし，単独時は回転数制御の他に，抽気圧制御も行なえる方式となっている．この方式も油圧機構を用いた簡単な構造となっており独特のものである。

新日本窒素肥料・水俣工場向け背圧タービンは 7,900 kW 8,000 rpm で，このタービンも上記と同様，標準背圧タービンの一つである．平均直径 500 mmφ の衝動段1段および平均直径 293 mmφ 反動段 14 段からなっていて目下鋭意製作中である。

次に東海製鉄・東海火力発電所向け抽気復水タービンとして出力 25,000 kW 3,600 rpm の機械を製作している．このタービンは，すでに納入し現在運転中である2号機と同仕様のもので，すでに報じられたように，つぼ形の使用，復水器洗浄装置として，タプロゲ式自動清浄装置と逆洗弁の併用および空気抽出機として，ガスエジェクタ付エルモポンプの使用などに特色のある機械である。

II. 1-1　蒸気変換弁

昭和39年度の納入実績を第 II・2 表に示す。

この弁は1個の弁で減温減圧を同時にかつじん速に行なうことができ，その小形なことおよび急速作動装置の併用によるタービントリップ時などの工場蒸気に対する

第 II・2 表　蒸気変換弁年度納入表
Table II・2. Supply list of steam coverting valves

納入先	呼径（入口/出口）	流量（t/h）	圧力（kg/cm²g）		温度（℃）		数量	備考
			減圧前	減圧後	減温前	減温後		
日本鋼管・水江製鉄所	200/300	110（入口）	109/89	29	535/515	370	1	
旭電化工業・尾久工場	150/250	110（入口）	120/111	35/32	530/525	420/370	1	
旭電化工業・尾久工場	250/400	100（入口）	35/32	11.5/10	420/370	330/250	1	
東洋パルプ・呉工場	150/200	100（入口）	128/110	45	542/530	420	1	
旭化成工業・延岡工場	125/150	90（出口）	155/150	30	540/535	322	1	
日本ゼオン・徳山工場	200/300	78.5（出口）	59/55	12	420/415	210	1	
新日本窒素肥料・水俣工場	150/400	78（出口）	67/64	7	450/445	210	1	
三菱石油・川崎製油所	150/200	40（出口）	54/48	12	420/420	280	1	
八幡製鉄・堺製鉄所	80/150	15（入口）	65/60	12	480/480	260	1	
新日本窒素肥料・水俣工場	50/80	60（出口）	67/64	17	450/445	280	1	

急速なバックアップとして，そのすぐれた特長が認められつつある。

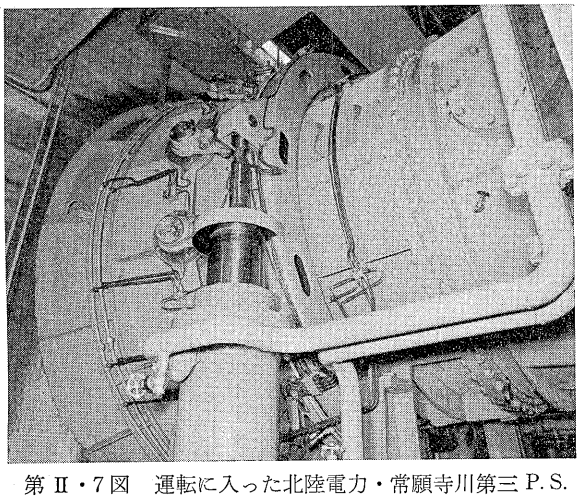
II. 2 水 車 (Water turbines)

国内の新規開発地点の減少により，前年に引続いて新規受注は少なく，わずかに Peru・Tacna 公団の Aricota No. 2 Power Station 向けの最大出力 12,200 kW 立て軸ペルトン水車1台および Malaysia・Central Electricity Board, Batang Padang Hydroelecric Scheme の Woh Power Station 向け最大出力 65,300 kW 立て軸フランシス水車3台を受注したにとどまった．しかし国外からの引合は前年よりさらに多くなっており，国内に代わっての需要が期待される。

年内に完成された水車としては，電源開発・川内川第二発電所向け 16,500 kW 立て軸カプラン水車2台，および Australia・Snowy Mountains Hydroelectlic Authority から受注の Murray No. 1 Power Station の所内用 950 kW 横軸ペルトン水車があげられる。

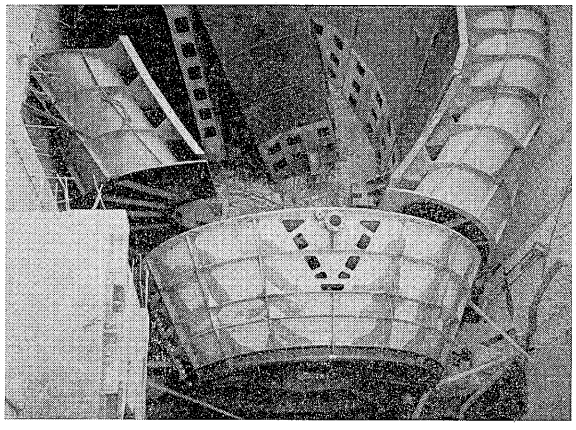
製作中の水車としては，Philippines・National Power Corporation・Maria Cristina Hydroelectric Plant 向け立て軸フランシス水車1台，India・Kerala 州電気局，Kuttiadi Power Station 向け立て軸ペルトン水車3台，Peru・Tacna 公団 Aricota No. 2 Power Station 向け立て軸ペルトン水車1台，山形県庁・蘇岡発電所向け立て軸フランシス水車1台などがある。

なお，前年製作完了した中部電力・横山発電所 37,000 kW 立て軸フランシス水車2台，電源開発・黒又川第二発電所 19,200 kW（ポンプ仕様は 20,000 kW）立て軸斜流形ポンプ水車1台，北陸電力・常願寺川第二，第三，第四発電所 5,340 kW 横軸円筒カプラン水車3台，および新日本窒素肥料・目丸発電所 6,000 kW 立て軸フランシス水車1台がそれぞれ運転に入っている。



第 II・7 図　運転に入った北陸電力・常願寺川第三 P. S. 5,340 kW 横軸円筒カプラン水車

Fig. II・7. 5,340kW horizontal shaft tubular type movable blade propeller turbine for Joganjigawa No. 3 P.S., Hokuriku Electric Power Co. in operation



第 II・8 図　現地据付中の北陸電力・常願寺川第三 P.S. 5,340 kW 横軸円筒カプラン水車ケーシング

Fig. II・8. Turbine casing under construction of 5,340 kW horizontal shaft tubular type movable blade propeller turbine for Joganjigawa No. 3 P.S., Hokuriku Electric Power Co.

II. 2-1 フランシス水車

現在製作中の Maria Cristina 向け 58,800 kW 立て軸水車は，入口弁操作用の独立した圧油装置を備えており，将来増設される他の1台の水車の入口弁および入口弁操作用圧油装置も同時に製作されている．入口弁用圧油装置の圧油タンク2個は並列に連絡され，これに対して集油タンクは共通で1個となっている．また，調速機は顧客の要求により Woodward 社製機械式アクチュエータを使用し，これを調速機用集油タンクの上に載せる構造とした．また吸出管は現地溶接である．山形県庁・蘇岡発電所向け 7,000 kW 立て軸水車は，ケーシングに高張力鋼板を使用している。

Woh Power Station 向け 65,300 kW 立て軸水車は，現在設計中である。

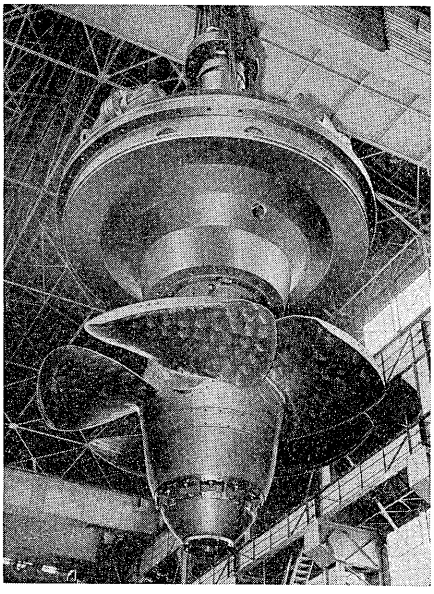
II. 2-2 カプラン水車

電源開発・川内川第二発電所向け水車は，セミスパイラル形コンクリートケーシングであり，かさ形発電機を採用している．したがって，当社の標準どおりランナベーンサーボモータ操作のための給油は発電機案内軸受を介して行なわれる．またガイドベーンサーボモータはリングサーボモータである。

II. 2-3 ペルトン水車

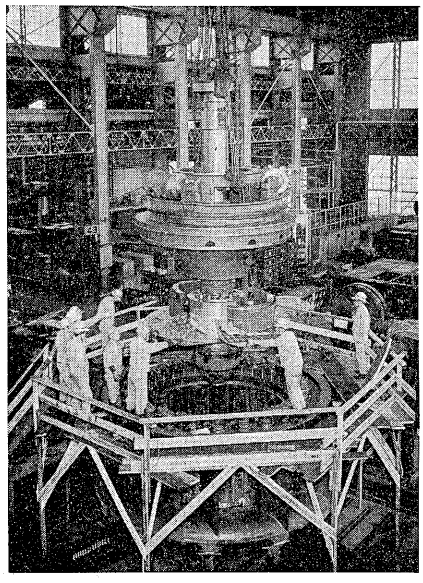
Murray No. 1 Power Station 所内用水車は，特に圧油装置を簡略にし，圧油ポンプは水車軸よりベルト駆動によって運転され．水車は水圧サーボモータによって操作される入口弁を開くことによって始動され，また普通停止は入口弁を閉じることによって行なわれるようになっている。

Kuttiadi Power Station 向け 28,800 kW 4 ノズルペ



第 II・9 図　電源開発・川内川第二P.S. 8,800 kW 立て軸カプラン水車ランナ

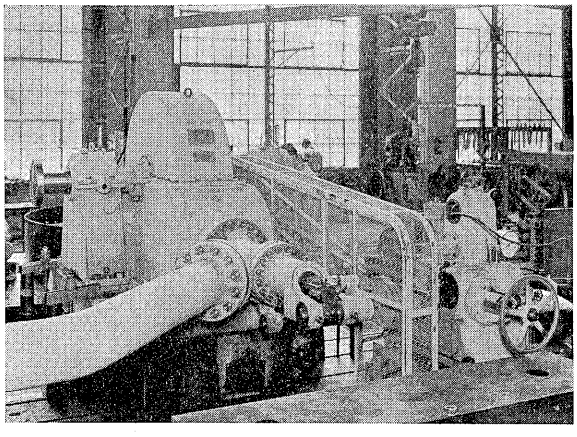
Fig. II・9. Turbine runner of 8,800 kW vertical shaft movable blade propeller turbine for Sendaigawa No. 2 P.S., Electric Power Development Co.



第 II・10 図　工場仮組立中の電源開発・川内川第二P.S. 8,800 kW 立て軸カプラン水車

Fig. II・10. 8,800 kW vertical shaft movable blade propeller turbine for Sendaigawa No. 2 P.S., Electric Power Development Co.

ルトン水車は現在製作中であるが，有効落差 662m であり，立て軸ペルトン水車としては国産最高落差である．また本発電所は3台の水車発電機よりなるが，水圧管は発電所直前まで1本であって非常に長く水車に比較的近いところで3本に分岐している．このため水系の条件は水車の調速制御上非常に過酷であり，この点に充分注意が払われている．また Aricota No. 2 Power Station 向け 12,200 kW 4ノズルペルトン水車は，ほぼ当社の標準設計であるが，ケーシングのフランジ分割数を許される限り少なくするなど重量を軽減する考慮が払われている．入口弁は，この二つの発電所はいずれもロータリー弁であるが，Kuttiadi Power Station 用のものはダブルシール構造となっており，上流側のシールで水をしゃ断しておくと水圧管の水を排水することなく，下流側シール部分を分解点検できるようになっている。



第 II・11 図　工場仮組立中の Australia・Snowy Mountains Hydroelectric Authority・Murray No. 1 Power Station 所内用 950 kW 横軸ペルトン水車

Fig. II・11. 950 kW horizontal shaft Pelton turbine for stand-by generating set of Murray No. 1 P.S. in its shop assembly

第 II・3表　水　車　年　度　納　入　表

Table II・3. Supply list of water turbines in last year

納入先	発電所名	出力 (kW)	回転数 (rpm)	落差 (m)	水量 (m^3/s)	形式	台数
Malaysia	Woh	65,300	600	420.6/378/355.1	17.23	VF-1RS	3*
Philippines	Maria Cristina	58,800	300	166.6	39.1	VF-1RS	1*
India	Kuttiadi	28,800	600	662	4.93	VP-1R4N	3*
Peru	Aricota No. 2	12,200	514	311.8	4.62	VP-1R4N	1*
電源開発	川内川第二	8,800	225	19.0	52.6	VK-1RH	2
石川県庁	新我谷	7,000	514	80.6/70/56	10.14	VF-1RS	1*
山形県庁	蘇岡	7,000	750	179.4	4.5	VF-1RS	1*
Australia	Murray No. 1	950	1,000	410	0.224	HP-1R1N	1

(注) * 印製作中

e-Front runners

＊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。