

北海道電力株式会社  
江別発電所 4号 25,000kW タービン設備とその成績

浅野 誠一\* 山口 達世\*\* 佐藤 博司\*\*\* 浦田 星\*\*\*\*

Hitachi's 25,000 kW Turbine Supplied to Ebetsu Power Station,  
Hokkaidō Electric Power Company

By Seiichi Asano  
Chief, Ebetsu Power Station Hokkaidō Electric Power Co., Ltd.

Tatsuyo Yamaguchi  
Engineering Dep't, Hokkaidō Electric Power Co., Ltd.

Hiroshi Satō and Hoshi Urata  
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

**Abstract**

Hitachi, Ltd., supplied last year 25,000 kW Turbine to the Ebetsu Power Station, Hokkaidō Electric Power Co., which was planned for a peak load service and turned out to be the fourth unit equipped by Hitachi in the same station. Since the machine was designed for supplementing the three old units in the peak hours the steam condition was restricted within 30 kg/cm<sup>2</sup>g, 400°C, but in other spheres of design many novel ideas were adopted to realize much improved characteristics than the predecessor units. The machine has entered the commercial operation since the last January, forming a timely contribution to the industry of the district in the latest spell of dry season.

During the commercial operation at its initial stage, several running tests were performed, e.g. the International Trade and Industry Department Test in January and the performance test in February; and the test results unanimously attested to the superiority of technical features of the machine, each measured value fully matching the calculated one. Especially in the performance test, measurements were conducted closely on several parts which had been neglected on such occasions in the past, for the purpose of thereby establishing the plant efficiency. The manner of testing in which the measurement was effected will furnish a key to the determination of the efficiency of a like plant of complicate structure. The writers disclose from this point of view the measuring method of the plant efficiency they followed in this case, and the outstanding features of the plant.

〔I〕 緒 言

北海道電力江別発電所納4号 25,000 kW タービン発電設備は同発電所の増設機として昭和27年10月日立製作所が受注したものでその計画仕様は既設3号 25,000 kW

\* 北海道電力株式会社江別発電所所長  
\*\* 北海道電力株式会社工務部  
\*\*\* \*\*\*\* 日立製作所日立工場

機とほぼ同一条件であるが、同社最近の技術を多数採り入れて設計製作されたもので、信頼度高く取扱容易にしてかつ外観スマートなことは勿論、既設3号機に比して性能が著しく向上している。この発電設備は昭和29年1月より営業運転に入りきわめて順調な運転を継続し今渇水期の電力需給に大きな貢献をなした。この営業運転中に1月には通産省試験を、2月には性能試験を施行した。

が、その結果はきわめて設計値に近い優秀な成績を示した。特に今回の性能試験においては従来あまりくわしく行われなかつた実際運転時の抽気状態においてその成績を詳細に検討したことは最近のプラントでは始めてのことである。以下本タービン設備の特長とこの性能試験について紹介する。

〔II〕 タービンの計画概要

本タービンの計画仕様は第1表に示す通りである。その計画に当り効率を向上せしめるため留意した主な点は

- (A) タービンは小直径多段式としてできるだけ段落数を増加して効率を上昇せしめるとともに特に高圧翼車径を小さく設計し、高圧部の翼車外周と車室との間隙よりの漏洩損失を少くした。
- (B) タービン各段落のノズルおよび翼の蒸気通過面積は実際運転時において最も良く適合するよう出気の状態を考慮して計画した。
- (C) 各段落における消費熱落差を最適に選びかつノズルは効率の良いネガティブノズルとし、また翼形には流体力学的に最適の翼形を採用し、適度の反動度を持たせて各段落ごとに段落効率を上昇せしめた。
- (D) 最終段翼は蒸気の入口および出力の相対速度が翼根元より先端に至るまでである一定の関係を保つて効率の上昇するようなボルテックス翼を採用した。
- (E) 翼車は高圧低圧とも車軸と車盤とを1体鍛造したソリッドロータとしダイヤフラムパッキン部の直径を小さく設計しこの部分からの漏洩損失を少くした。

第 1 表 タービンの計画仕様

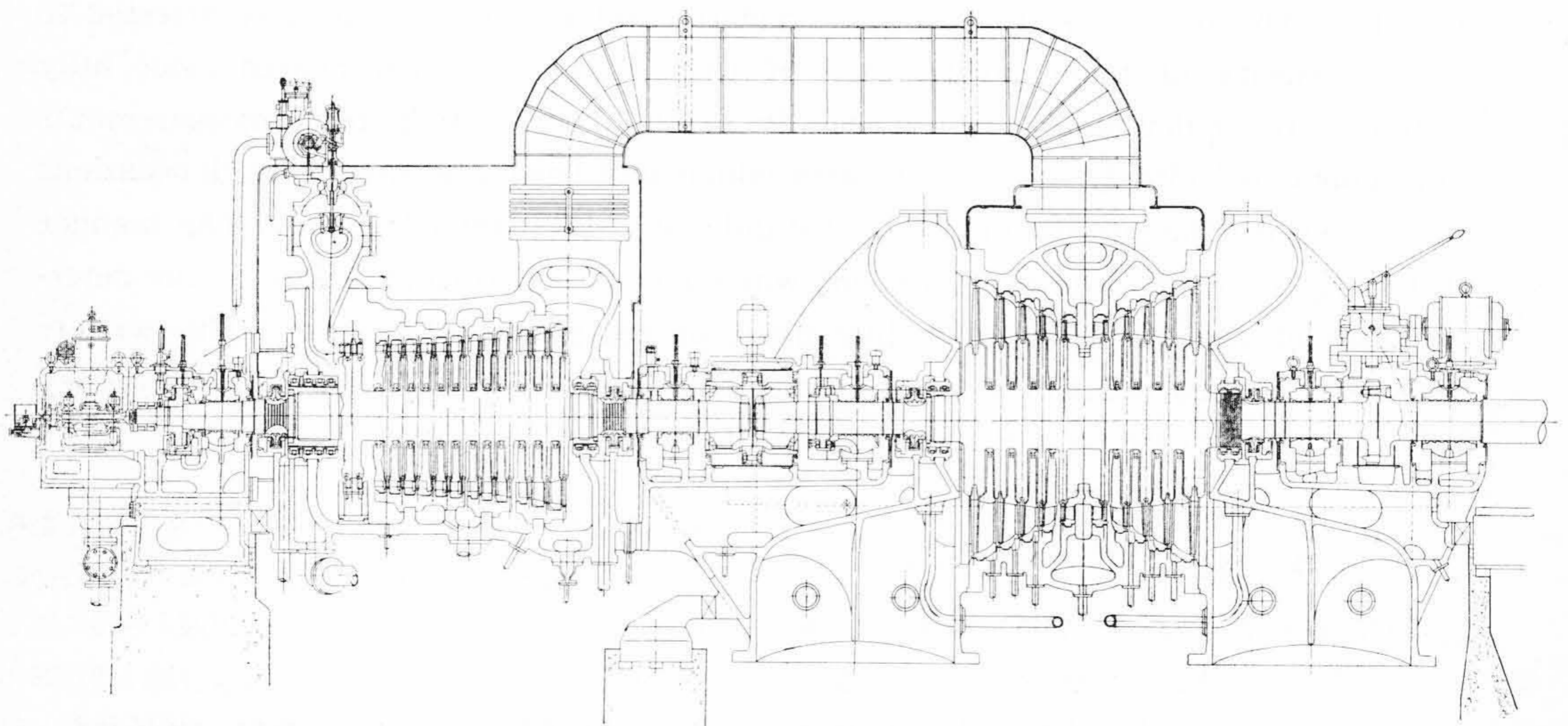
Table 1. Specifications of the Turbine

項 目	仕 様
型 式	日立衝動型複車室複流蒸気タービン
経 済 出 力	20,000 kW
最 大 出 力	25,000 kW
回 転 数	3,000 rpm
蒸 気 圧 力	30 kg/cm <sup>2</sup> g (加減弁前において)
蒸 気 温 度	410°C (加減弁前において)
復 水 器 真 空	727 mmHg (冷却水温 17°C 最大 25,000 kWにおいて)
タービン段極数	高圧13段 低圧5段複流 計18段
パーソンズ係数	2,220
内 部 効 率	85.7%

- (F) 調整段にはカーチス車を用いかつノズルカバーニングを採用して軽負荷より過負荷に至るまで効率の変化をできるだけ少くした。
- (G) ラビリンスパッキンからの漏洩余剰蒸気は給水加熱装置の抽気の一部として利用しかつウオーターシールパッキンを併用して大気放出の蒸気をなくした。

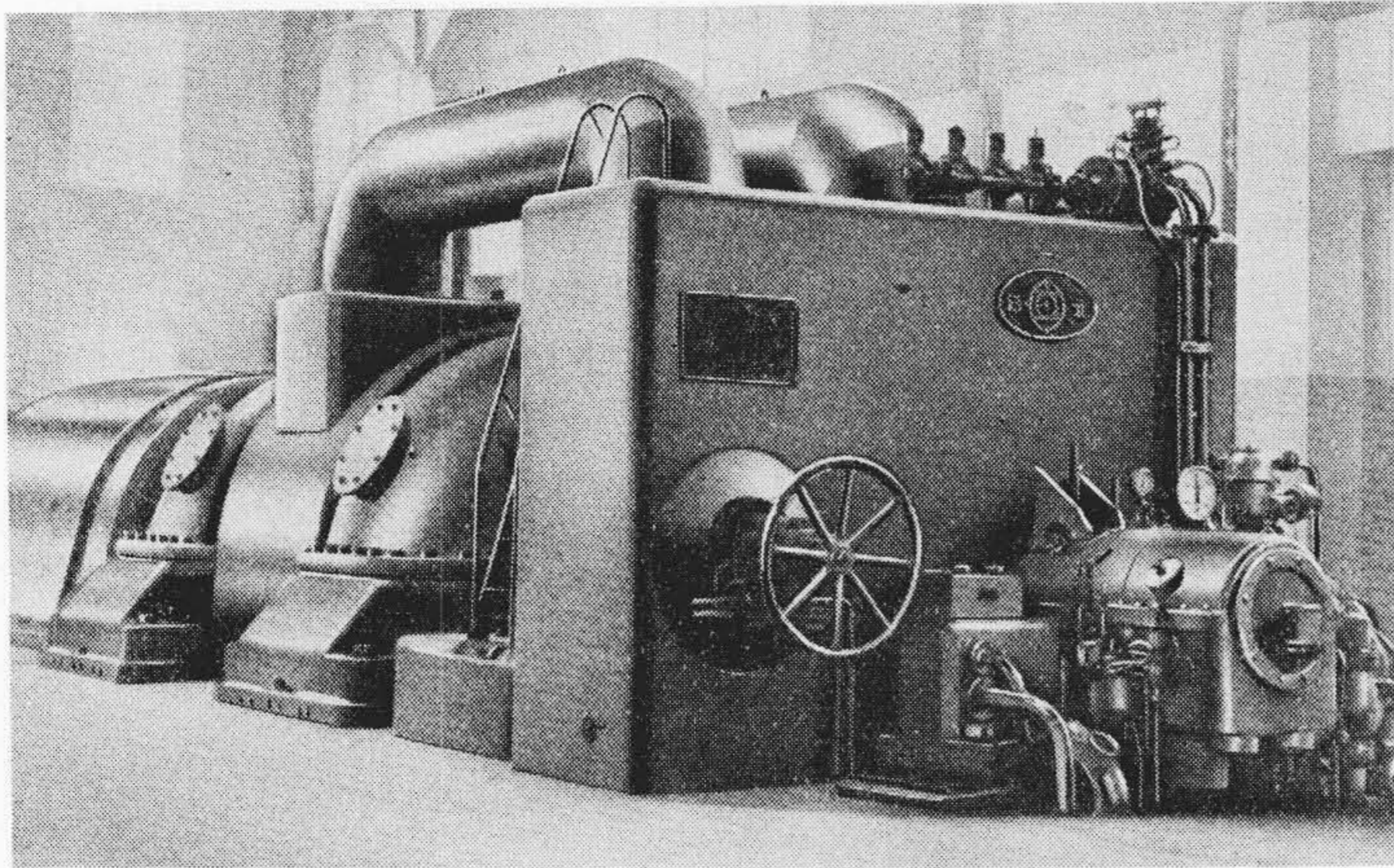
などでこのほか各所に効率を上昇せしめるための考慮が払われている。このため計画条件がほぼ同一の既設3号タービンに比し内部効率において約 2.5%、タービンプラント熱効率において約 1.5% の上昇を来たしている。

タービンの構造は2車室複流排気型で高圧タービンと低圧タービンとはフレキシブルカップリングにより結合され低圧タービンと発電機とはリジットカップリングにより直結されている。タービンの軸方向の熱膨脹は低圧タービンの前側ケーシングの支持脚中心を固定点として



第 1 図 25,000 kW タービン 断 面 図

Fig. 1. Sectional Diagram of 25,000 kW Turbine



第2図 25,000 kW タービン Fig. 2. 25,000 kW Turbine

高圧タービン前方に逃す方式である。またタービン中心高さは従来のもより低くし振動に対し安全ならしめている。第1図は本タービンの断面図を第2図は外観を示す。

蒸気室は Mo 鋳鋼製で高圧車室とは別体に造られ、高圧上半車室に差込み式となつているため、高圧車室は局部的に高圧高温の主蒸気に直接接触することなく、常に主蒸気温度よりはるかに低い第1段落後の蒸気に全周均一に接するため温度分布が全周均一で異状変形を来たさない。なお高圧車室の内面には別箇の内部車室を採用して抽気室を形成せしめており、かつダイヤフラムをこの内部車室に支持せしめておるためその形状は肉厚均一の簡単な円筒状で充実した鑄物ができるばかりでなく、局部的に高い熱応力が生ずることがない。低圧車室は鑄鉄製で中部車室と前後部対称形状の排気室とをボルト締めにより1体としている。

ダイヤフラムのノズルは1段より6段までは組立式ノズルで7段以降はノズル板鑄込式である。ラビリンスパッキンおよびダイヤフラムパッキンは数箇のセグメントよりなるリングで各セグメントは裏側に取付けられた板スプリングにより軽く押しつけられて、所定の間隙を保持せしめる構造であるため運転中万一車軸がこれに接触する場合があつてもセグメントは軽く逃げられるため、車軸に大きな擦熱を生ずることがない。またラビリンスパッキンの大気側にはウォーターシールパッキンを採用しているため蒸気の大気放出が皆無である。

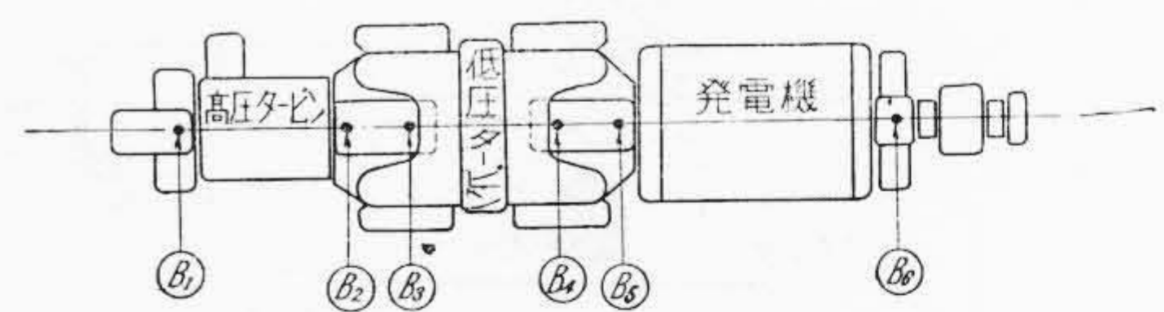
推力軸受はミッチェル式で十分なる受圧面積を有し推力鏢とスラストパッドとが常に全面平均に当るような自己調整式の構造である。軸受メタルは球面坐式で外周に設けられた調整リングのライナーによりセンターリングが容易に調整可能であり、また軸受メタルのバビット面は良好な潤滑を行い得るよう楕円削りが施され特殊の油溝が加工されている。

タービンロータは高圧低圧とも NiCrMo 鋼の車軸と車盤とが一体に鍛造されたいわゆるソリッドロータで鋼塊の配合より鑄込作業、鍛造熱処理作業まで一貫して高温高速回転体として最も重要な均一な材質が得られるよう、入念な作業が行われている。この材料は機械的強度は勿論各所から採取した試料の組織および分析成績も均一であり、かつ超短波試験および高温曲り試験においてもきわめて優秀な成績を示した。したがって運転中の振動も第2表の通りきわめて少い。

タービン翼は調整段は 13CrMo 不銹鋼、2段以降は 13Cr 不銹鋼でいずれもタービン

翼材として特殊規格により製造されたもので機械的強度は勿論超短波試験ならびに各翼ごとに赤血塩溶液によるスラッグ含有度試験とが行われている。各段落の翼形は流体力学的に最適の形状を採用し特に最終段翼は効率の良いボルテックス翼としたため機械工作によりその翼形を形成せしめることが困難なので、我国で初めての精密鍛造翼を採用した。なお従来のバインド線を排し翼本体と1体に鍛造せる凸部を作り、この凸部の先端を銀ローで固着せしめる方式を採用した。このため翼には従来のバインド線の通る孔なく振動および強度的にきわめて安全な翼となつている。なお最終段翼の蒸気入口側にはステライト防蝕板を銀ロー付けしてドレンの侵蝕を防止している。第3図(次頁参照)はこの最終段翼を示す。

第2表 タービン発電機の振動記録 Table 2. Vibration Record of Turbine Generator



振動計は明石製電磁式振動計。単位は 1/100 mm とす。

負荷 (kW)	振動方向	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>
15,000	V	0.4	0.5	0.6	1.1	1.2	1.0
	A	1.2	0.6	0.8	1.0	0.9	1.1
	L	1.2	0.5	0.4	0.7	0.9	1.1
20,000	V	0.4	0.3	0.9	1.1	0.8	0.8
	A	1.2	0.8	0.8	0.7	0.7	1.2
	L	1.2	0.5	0.5	0.8	0.9	1.2
25,000	V	0.5	0.4	0.3	1.1	0.7	0.8
	A	0.5	0.5	0.4	0.5	0.7	1.2
	L	1.2	0.4	0.2	0.9	1.1	1.2

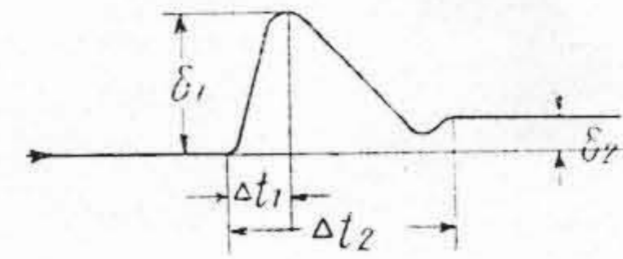
(注) 振動方向中 V は縦方向振動。A は軸方向振動 L は横方向振動とす。

調速装置は全油圧式で第 4 図はこの調速機構と非常遮断装置の系統図を示す。調速機は単一重錘式で小型にして最も感度良く高圧タービン車軸前端よりフレキシブルシャフトに取り付けられたウォーム歯車により主油ポンプと同時に駆動される。重錘の上部にはタービン回転数の変化による重錘の変位を調整油圧に変換せしめる特殊

のポート弁と急激な負荷変化すなわち回転数変化に応動する加速度検出体とがある。いずれも調整油圧を鋭敏確実に変化せしめて速度調整を行い、最大負荷より急に無負荷に負荷遮断した場合の瞬時速度上昇率を低くするよう設計されている。第 3 表は通産省試験のときの調速機試験の成績を示す。25,000 kW より無負荷に負荷遮断し

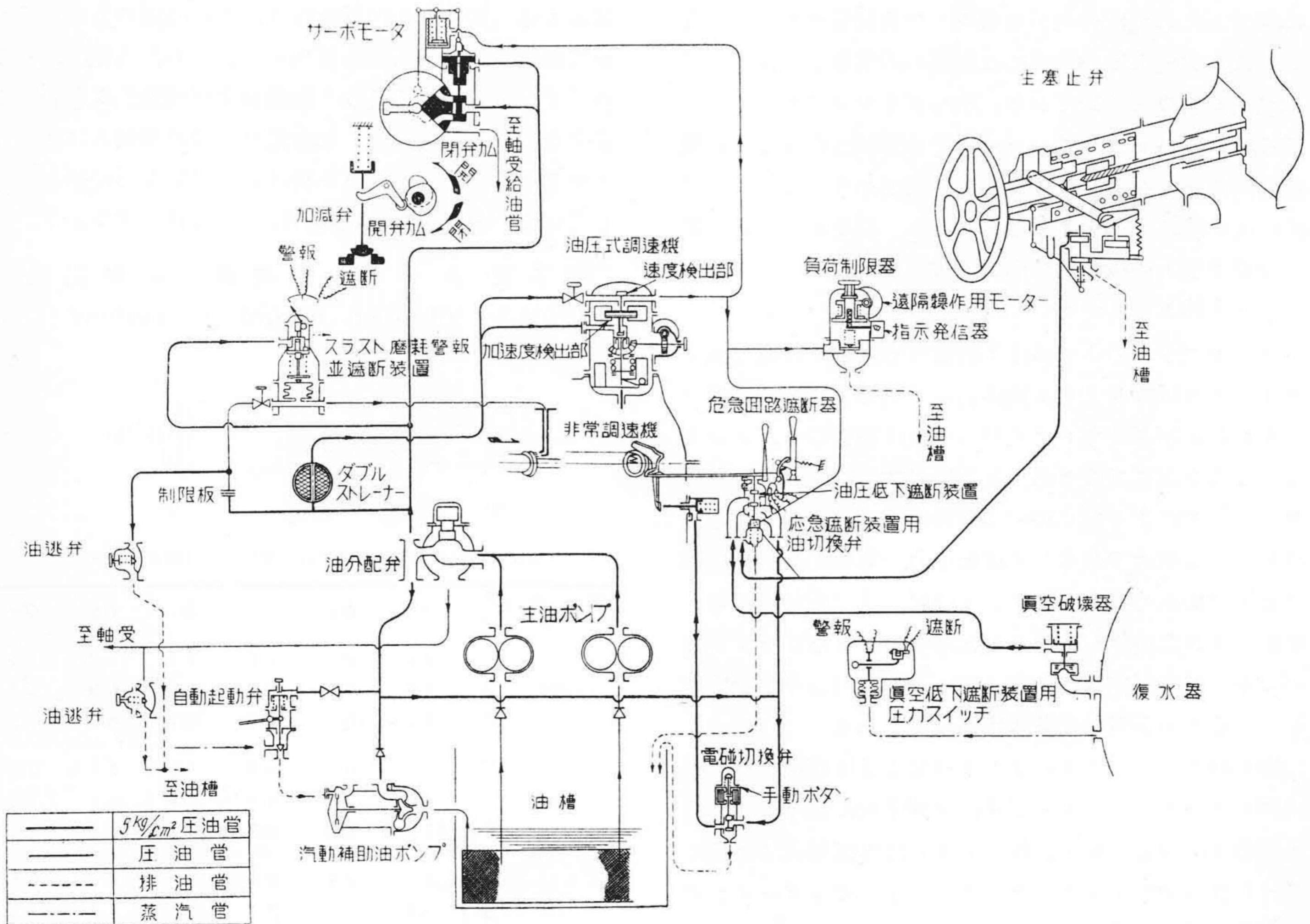


第 3 図  
最終段翼  
Fig. 3.  
Last Stage Blade



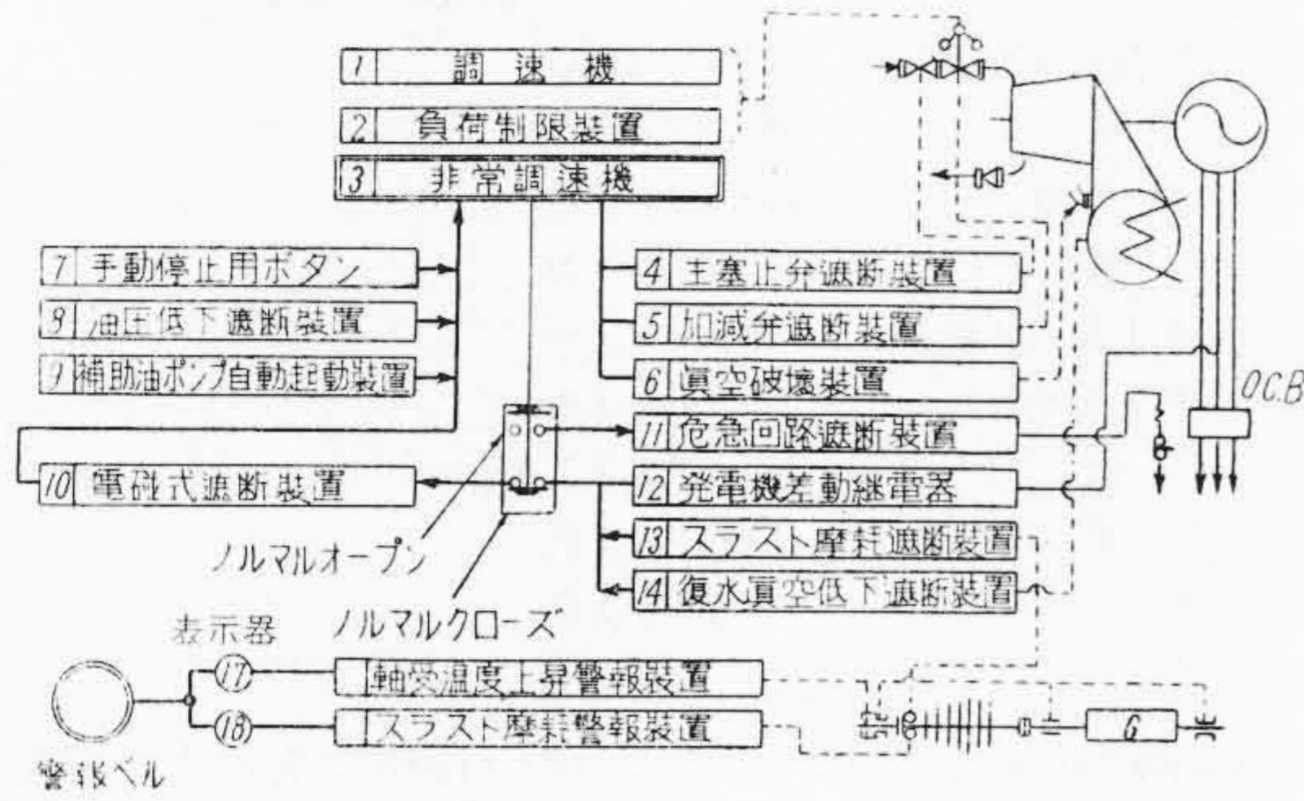
第 3 表 調 速 器 試 験 成 績  
Table 3. Governer Test Record of Turbine

負 荷 (kW)	負荷解除 前タービ ン回転数	瞬 時 速 度 上 昇			整 定 後 速 度 上 昇			
		$\delta_1$ (rpm)	$\delta_1$ (%)	$\Delta t_1$ (sec)	$\delta_2$ (rpm)	$\delta_2$ (%)	$\Delta t_2$ (sec)	
無	6,300	2,980	2,985	0.168	1.7	2,980	0	2.8
抽	12,500	2,980	3,010	1.010	1.8	2,990	0.335	3.4
気	18,800	2,990	3,110	4.020	2.0	3,030	1.340	4.8
抽	12,500	2,980	3,110	4.360	2.1	3,040	2.010	3.9
	18,800	2,990	3,150	5.350	3.0	3,060	2.340	6.0
	25,000	2,990	3,170	6.020	3.0	3,080	3.000	7.1



第 4 図 調 速 装 置 お よ び 非 常 遮 断 装 置 系 統 図  
Fig. 4. Schematic Diagram of Governing Mechanism and Emergency Stop Device

た場合の瞬時速度上昇率は 6.02% で従来我国の複車室タービンの実績 7~8% をはるかに下回る優秀な成績を示している。保安装置は第 5 図に示す通りでタービン取扱に不安のないよう考慮されている。このうち負荷制限器は負荷に応じて直ちに配電盤室よりセットせしめ得るよう考慮されている。



第 5 図 保安装置動作系統図  
Fig. 5. Schematic Diagram of Safety Equipment

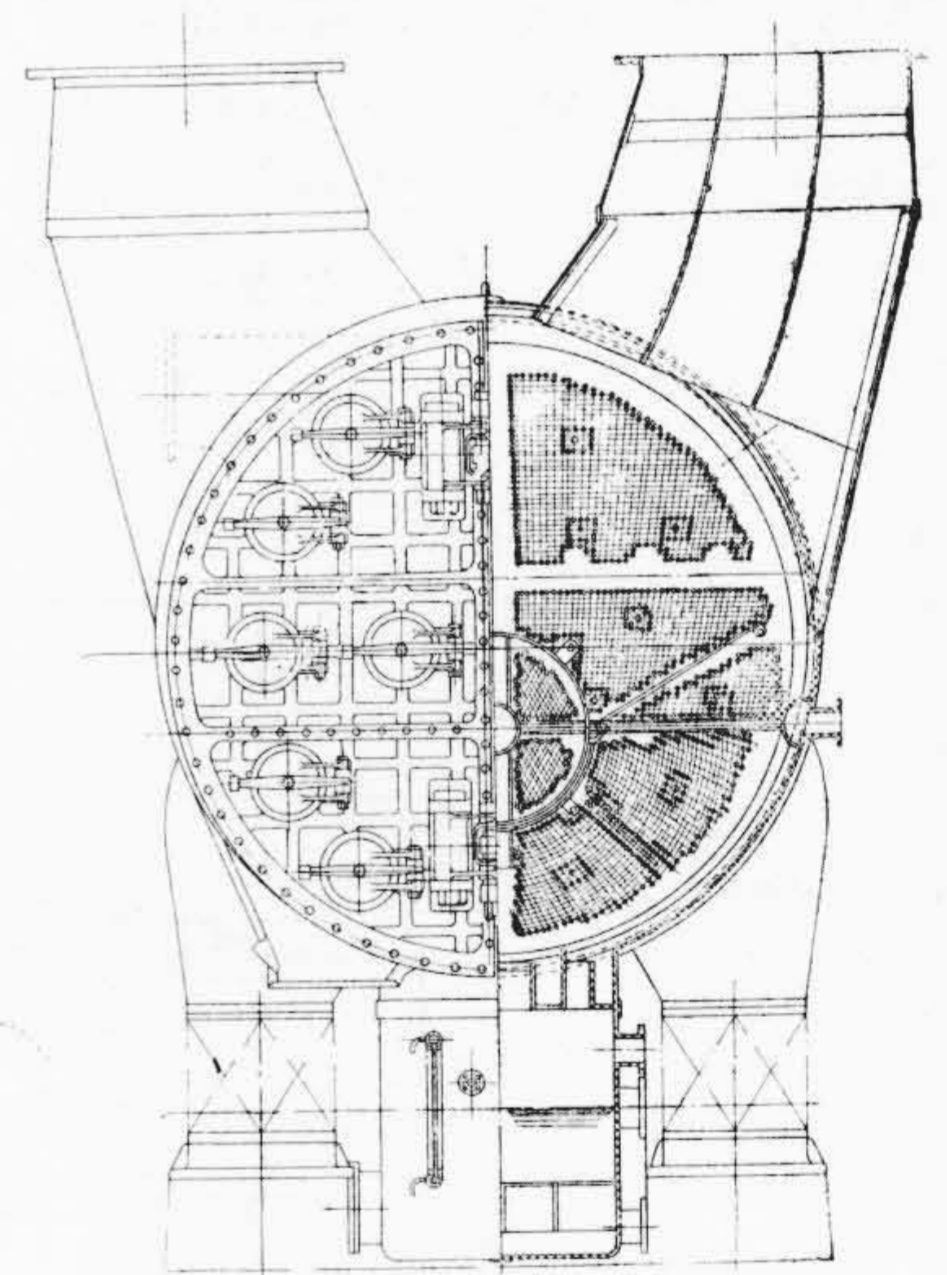
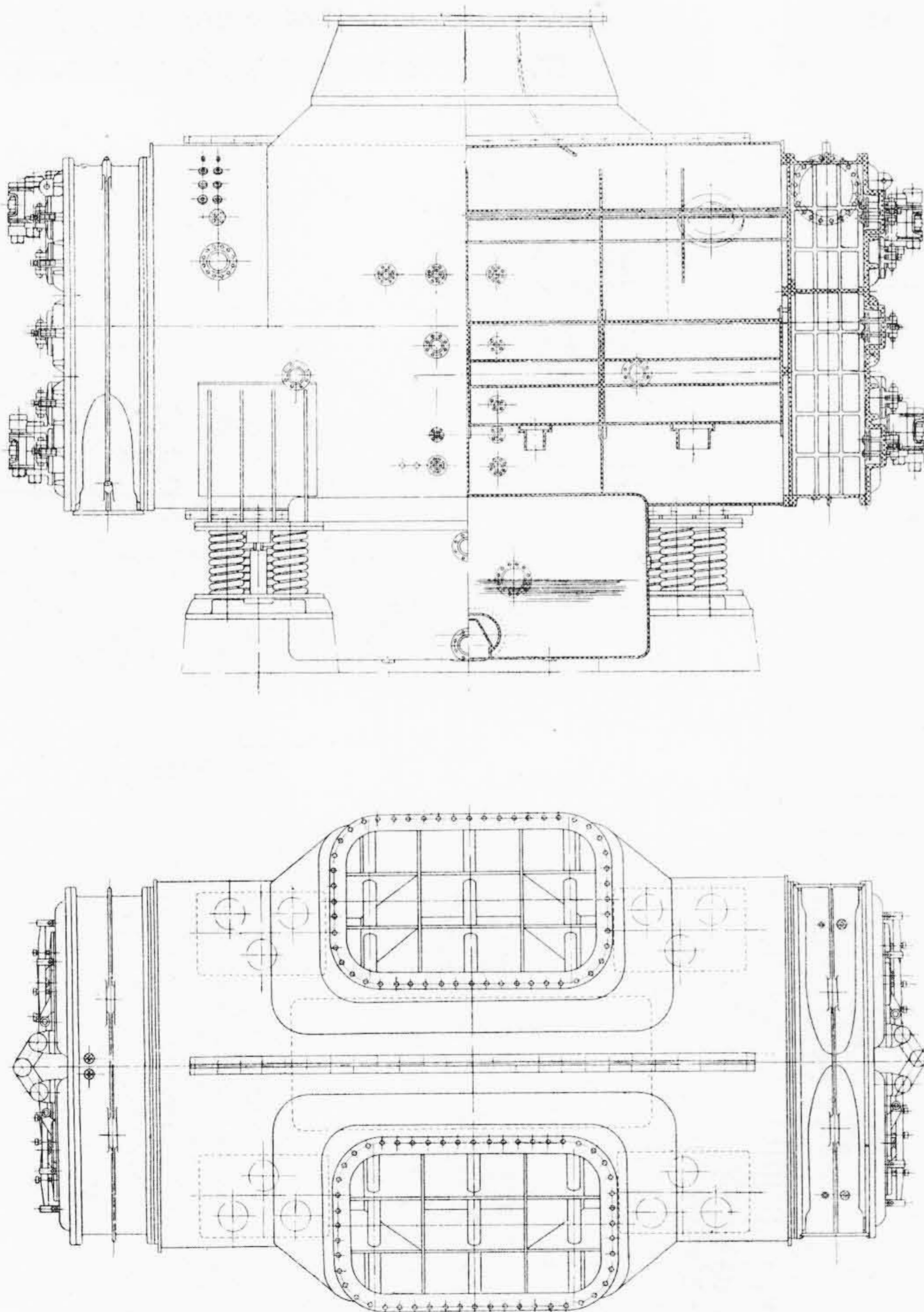
〔III〕 復水器の計画概要

復水器の計画仕様は第 4 表に示す通りである。型式は表面接触 3 折流半区分使用型で最大 25,000 kW 時において所定の真空を保持できるような余裕のある冷却面積を有している。冷却管は両端エキスパンドにより管板に取り付けられ、その配置は第 6 図に示すごとく中央集中放

第 4 表 復水器の計画仕様  
Table 4. Specification of Surface Condenser

項	目	仕	様
型	式	表面接触型中央集中放射式 3 折流型	
冷	却	面	積
処	理	蒸	気
冷	却	水	量
真	空		

2,500 m<sup>2</sup> × 1 台  
87,600 kg/h (25,000 kW時)  
河水 17°C (最高 28°C)  
4,450 m<sup>3</sup>/h  
727 mmHg (25,000 kW時)



第 6 図 復水器  
Fig. 6. Surface Condenser

射式で排気の通過抵抗がきわめて少く、最も冷却効果の良い配置で、空気は中央部より抽出される構造である。かつ排気の一部は直接下部復水溜のフラッシングチャンバに導かれ、復水を再熱し脱気作用を行わしめると同時に過冷却を防止するよう考慮されており、なお復水溜の容量をできるだけ大きく取り復水ポンプ運転の安全を図っている。

〔IV〕 給水加熱装置

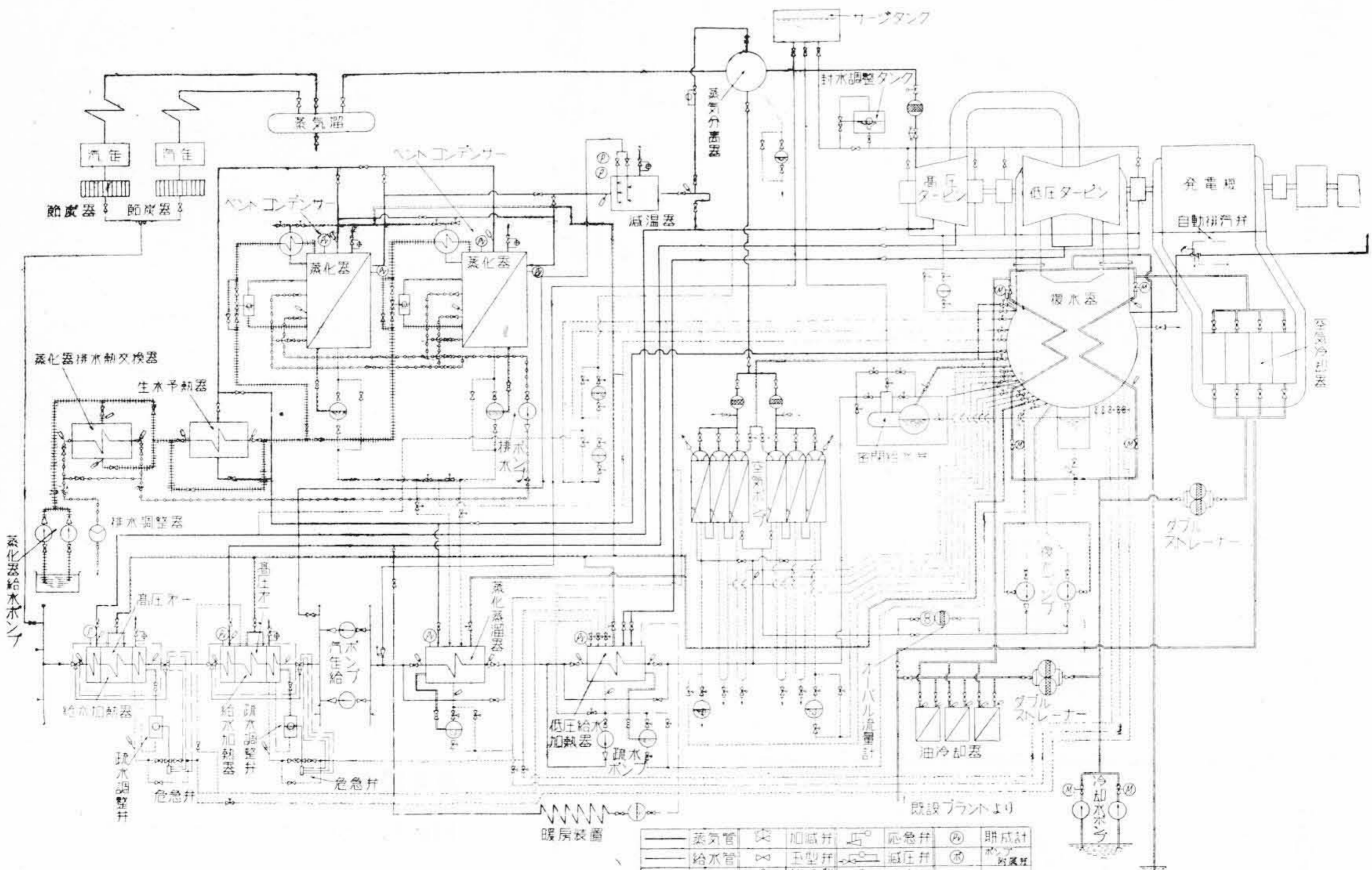
本機は既設の増設機であるため蒸気状態および給水温度は決められているが、プラント効率を上昇せしめるため3点抽気とした。第5表はその計画仕様を、第7図は配管系統図を示す。タービン抽気点より各加熱器に至るまでの配管中の圧力温度降下を十分見込み、かつ運転中の漏洩損失4%は全部過熱蒸気で漏洩するものとして安全をとって計画され、また冬期事務室の暖房蒸気はタービン第2抽気の一部を使用できるように考慮されている。第1、第2 高压給水加熱器はドレンクーラおよびプリヒータ付の効率の良い型式のものを採用し、また蒸化器は横型にして容量を大に設計し常時運転中の補給水の純度を確保するとともにかつ2重効果式2台のものを1台の

第 5 表 給水加熱装置の計画仕様  
Table 5. Specification of Feed Water Heating Plant

項 目	仕 様
抽 気 段 数	3
給 水 温 度	150°C (25,000 kW時)
補 給 水 生 成 量	4,400 kg/h (25,000 kW時)
生 水 水 質 お よ び 温 度	河 水 10°C
汚 水 量	440 kg/h
低 圧 給 水 加 熱 器	100 m <sup>2</sup> × 1 台
蒸 化 蒸 溜 器	35 m <sup>2</sup> × 1 台
高 圧 第 1 給 水 加 熱 器	85 m <sup>2</sup> × 1 台
高 圧 第 2 給 水 加 熱 器	50 m <sup>2</sup> × 1 台
蒸 化 器	50 m <sup>2</sup> × 2 × 1 台
生 水 予 熱 器	12 m <sup>2</sup> × 1 台
蒸 化 器 排 水 熱 交 器	6 m <sup>2</sup> × 1 台

型式に纏めた据付容積の少い取扱の容易なものとしている。

各補機の配置および配管にはプラントの美観と操作の容易の点に重点を置き計画され整型復水ポンプ、地下埋込配管方式などの採用により狭隘な場所にもかかわらず既設3号設備に比して余裕のある纏りの良い配置となっている。



第7図 機器配管系統図

Fig.7. Diagram of Machine and Piping

〔V〕 性能試験成績

(1) 性能試験実施の根本方針

本タービンの性能試験は北海道電力工務部、江別発電所ならびに日立製作所日立工場の三者立会の下に慎重に実施された。本性能試験は、飽くまで実際の運転状態において試験することを立前としたので、各部分の計測をできるだけ正確にして十分その目的を達することができるようにつぎの根本方針に基づいて実施した。

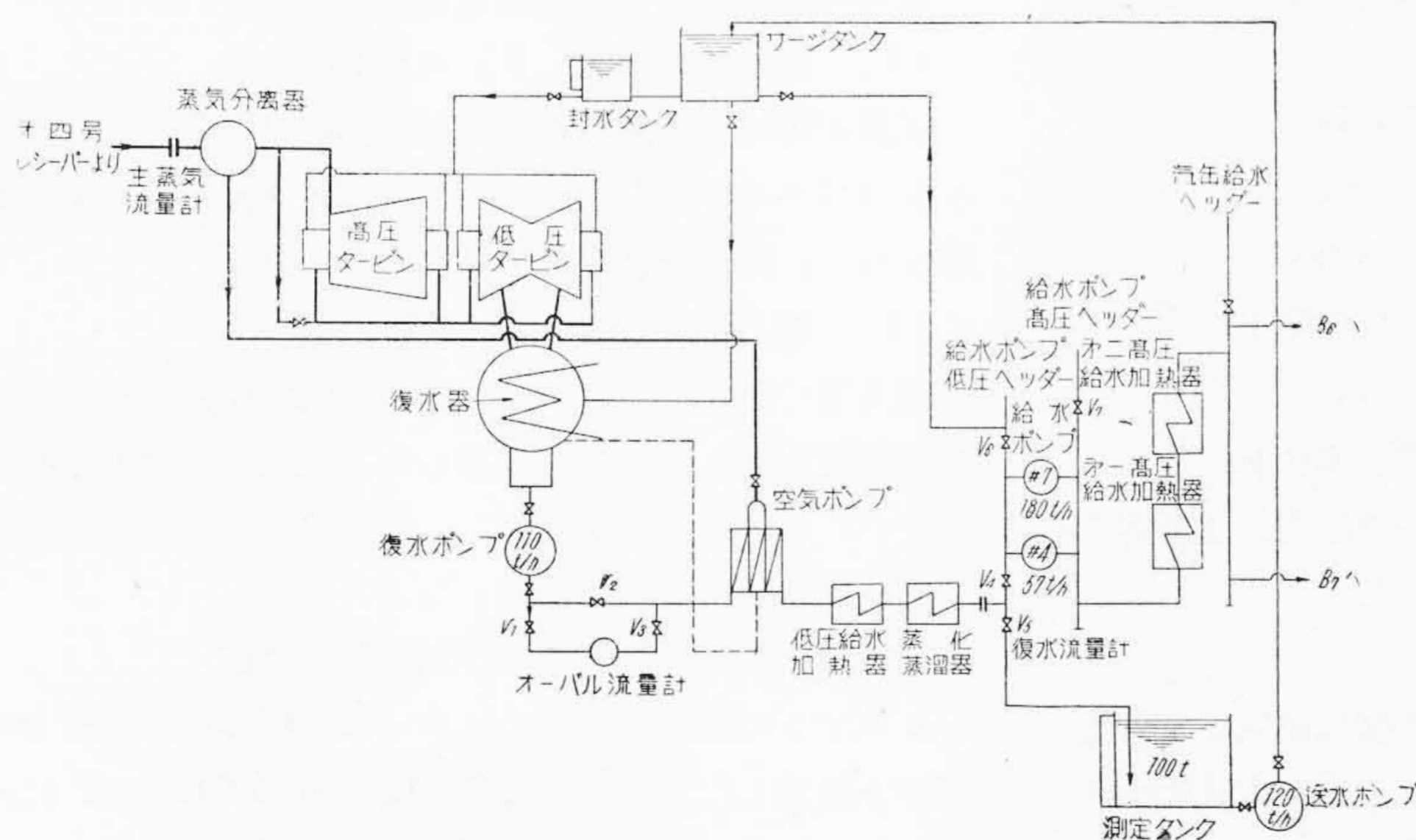
(A) 性能試験は出気時を主体として行うが、測定方法としてはまず無出気時の試験を行い、その蒸気消費量は計量タンクによつて測定する。この際に蒸気流量計、復水流量計ならびにオーバル流量計を同時に計測し、計量タンクの測定値と比較して各流量計の補正曲線を作成する。

(B) 出気試験における復水量は無出気試験において補正した流量計の読みによつて測定し、各出気蒸気量は各加熱器の出入口の温度および加熱蒸気の圧力、温度等を測定してこれらの値と復水量より計算によつて算出する。

(C) メーキャップ量はあらかじめ補正した生水流量計により測定した生水量と蒸化器の加熱蒸気の圧力、温度および発生蒸気の圧力、温度より加熱蒸気量および発生蒸気量を算出する。

(D) 出気時における各加熱器を通過する給水温度上昇はできるだけ計算値に一致するように調節するが、なお完全に一致しない場合は、前以て定められた補正曲線により出気量を補正して計画値と一致した状態に換算する。

(E) 無出気試験に使用する計量タンクは 100 t の容量を有するタンクを準備し、試験に先立って水準計の目盛と容量を検定する。



第8図 無出気試験配管系統図  
Fig. 8. Piping Diagram of No Bleeding Test

第6表 保証値  
Table 6. Guaranteed Figures

出力 (kW)	25,000	20,000	15,000	10,000
無出気時蒸気消費量 (kg/kWh)	4.05	3.99	4.11	4.35
出気時蒸気消費量 (kg/kWh)	4.397	4.265	4.347	4.50
タービン入口蒸気量 (kg/h)	109,930	85,310	65,210	45,000
汽罐給水量 (kg/h)	115,030	89,430	68,550	47,500
ボイラー発生蒸気量 (kg/h)	115,030	89,430	68,550	47,500
補給水量 (kg/h)	4,400	3,420	2,640	1,800
空気抽出器駆動蒸気量 (kg/h)	700	700	700	700
給水温度 (°C)	150	145	134	120
熱消費量 (kcal/kWh)	2,725	2,665	2,757	2,925
タービンプラント効率 (%)	31.6	32.3	31.2	29.4

(2) 保証値

本タービン設備の日立製作所より北海道電力に保証せる値は第6表に示す通りである。

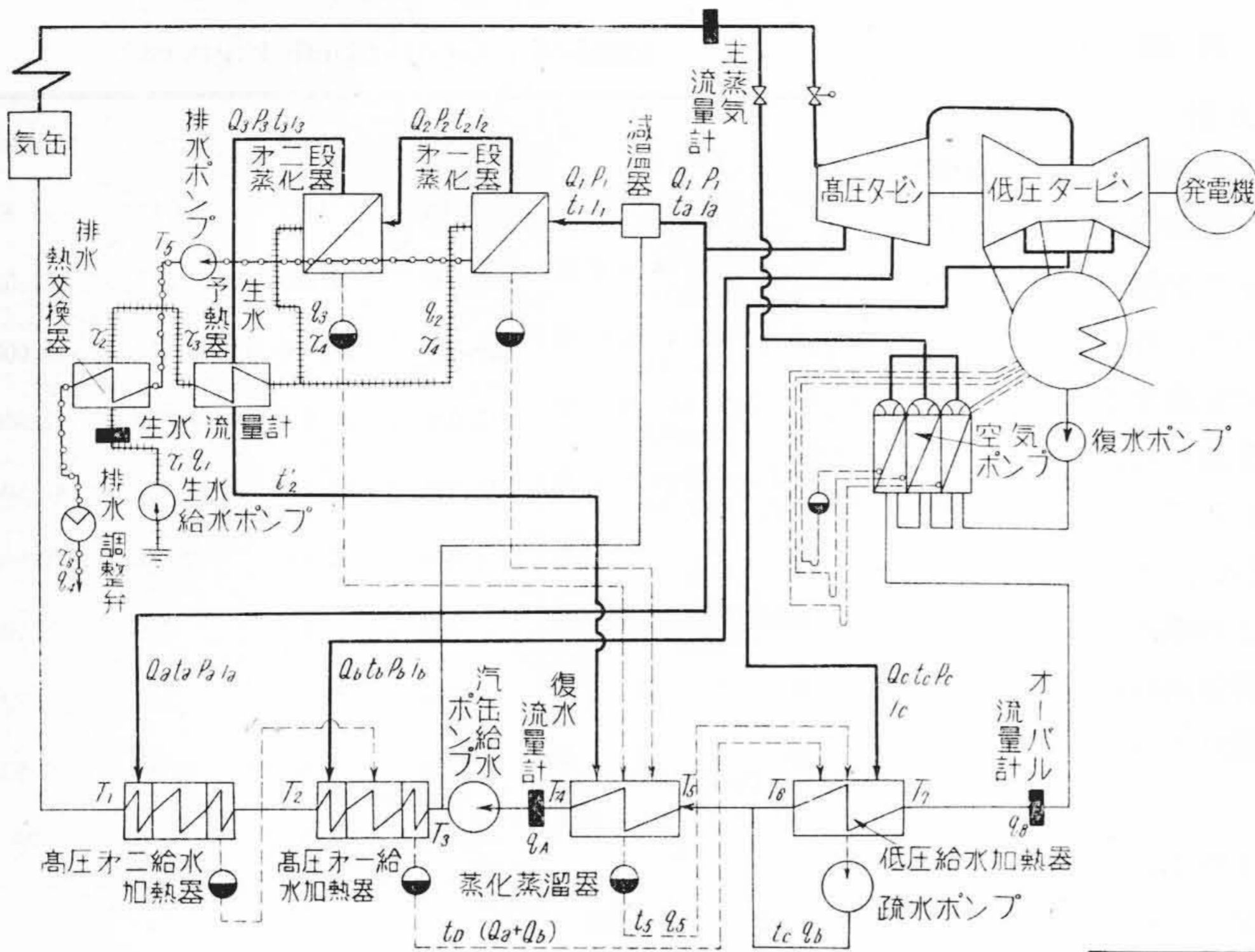
(3) 試験方法

(A) 無出気試験方法

試験装置ならびに配管系統を第8図に示す。復水量は計量タンクによつて測定し、同時に蒸気流量計、復水流量計、オーバル流量計の読みを計測して計量タンクの復水量を基にして誤差曲線を作成した。無出気試験の測定時間は各負荷とも一回 40 分ないし 1 時間とし、10 分毎に各測定値を記録して算術平均した。蒸気消費量は一回毎に計算し各負荷 3 回づつ測定した。

(B) 出気試験方法

出気試験は試験開始 1 時間前よりタービン負荷を一定としてその間各部の条件をできるだけ計画値に一致せしめるよう調整して各部の条件が安定した後に測定に入った。計測時間は各負荷連続 6 時間とし、15 分毎に測定値を記録し、2 時間毎に測定値の平均を求めて蒸気消費量を計算した。測定は主として第9図(次頁参照)に示す点の圧力(P)、温度(T, t)を測定しこれより熱量(i)を求め、つぎにオーバル流量計の読み $q_B$ と生水流量計 $q_1$ を基準にして各加熱器および蒸化器の加熱蒸気量を計算した。



第 9 図 出気量計算用測定点  
Fig. 9. Measuring Points Bleeding Steam Flow Calculations

(4) 各部測定法ならびに補正

(A) 計量タンク検定および補正

計量タンクは試験に先立つて目盛を検定した。その方法は第10図に示す通り標準タンクを設けて、一定量の水を入れながら目盛を読み、水量と目盛の表を作成した。なお実際測定にあたってはそのときの水温とタンクの壁温によって補正を行った。

(B) 蒸気圧力計の検定

蒸気圧力計は試験の前後二回にわたって検定を行い、その誤差を補正した。

(C) 温度計の検定および補正

温度計にはすべて前もって検定された棒状温度計を使用し、露出部の度数により補正した。

(D) 真空補正

排気室真空および復水器真空は水銀柱により測定し、大気圧および温度の補正をした。

(E) 封水パッキン用水量  $W_1$  (kg/h)

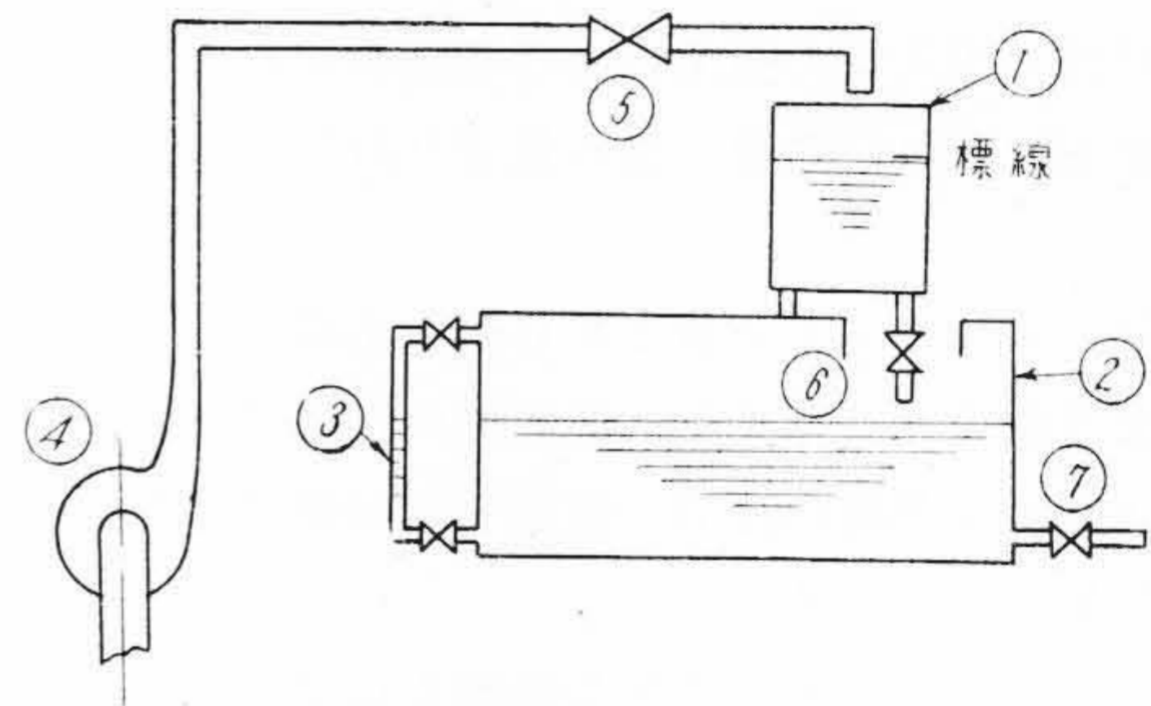
タービンシャフトには封水パッキンを使用しており、この封水は封水タンクより給水して復水器に入っている。したがって試験中封水タンクの水位の低下によつて封水量を計算し復水量より差引いた。

(F) 空気抽出器の蒸気消費量  $W_2$  (kg/h)

空気抽出器の蒸気消費量はノズル前の圧力、温度およびノズル面積により計算に依つて求めた。

(G) 衛帯蒸気量  $W_3$  (kg/h)

衛帯蒸気量は一定負荷以上運転時は第二出気より低压ラビリンスに供給する計画になつているのを本試験中は終始主蒸気より供給したので、その分はラビリンス入口



① 標準タンク ② 計量タンク ③ 水面計  
④ ポンプ ⑤, ⑥, ⑦ バルブ

第 10 図 計 量 タ ン ク 検 定 法  
Fig. 10. Method of Measuring Tank Check

の圧力、温度より計算して測定せる蒸気量より差引いた。

(H) 復水溜水量増減量  $W_4$  (kg/h)

測定時間の始めと終りの水位の変化を測定し、復水溜水量の増減を計算し、復水量に加減した。

(I) 復水器漏洩量  $W_5$  (kg/h)

試験中復水器に連る各パイプあるいは冷却管取付部より漏洩する水の有無を確認するために復水器単独の漏洩試験を行い、漏洩量は復水量より差引いた。

(J) 電力量の測定  $L$  (kW)

電力量の測定は無出気時には測定時間中電力計の円板の回転数を数えて電力を計算した。出気時には測定時間が長いため、積算計を使用し、始めと終りの端数の部分を円板回転数によつて算出した。

(K) 回転計の検定および回転数の補正

タービンの回転数測定にはタービン附属の回転計を検定の上使用した。なお回転数が規定の 3,000 rpm に保たれない場合は前もって定められた補正曲線によつて蒸



気消費量を補正した。この補正係数を  $a_1$  とする。

(L) 蒸気圧力, 温度, 真空による補正

蒸気圧力, 温度, 真空の変化に対してはいずれも補正曲線によつて蒸気消費量を規定の圧力, 温度, 真空の場合に補正した。圧力, 温度, 真空の補正係数をそれぞれ  $a_2, a_3, a_4$  とする。

(M) 力率に依る補正

力率に依る発電機効率の変化より蒸気消費量を補正した。補正係数  $a_5$  とする。

(N) 出気試験における出気量の補正

各加熱器の前後の水温および補給水量が計画値と異なる場合は別に定められた補正值によつて計画値と同じ状態の出気量に補正した。この補正量を第1段~第3段の出気に対してそれぞれ  $Q_a', Q_b', Q_c'$  とする。

(5) 蒸気消費量および熱消費量の計算

(A) 無出気時蒸気消費量

測定復水量  $G_0'$  (kg/h)

修正前蒸気流量  $G_0$  (kg/h)

$$G_0 = G_0' - W_1 - W_2 - W_3 \pm W_4 - W_5 \text{ (kg/h)}$$

修正前蒸気消費量  $W_0' = G_0/L$  (kg/kWh)

修正蒸気消費量  $W_0$  (kg/kWh)

$$W_0 = W_0' \times a_1 \times a_2 \times a_3 \times a_4 \times a_5 \text{ (kg/kWh)}$$

(B) 出気時蒸気消費量

測定蒸気量  $G_1'$  (kg/h)

$$G_1' = q_B + Q_a + Q_b + Q_c \text{ (kg/h)}$$

ただし  $q_B$ : 測定復水量 (kg/h)

$Q_a$ : 第1段出気量 (kg/h)

$Q_b$ : 第2段出気量 (kg/h)

$Q_c$ : 第3段出気量 (kg/h)

修正前蒸気流量

$$G_1 = G_1' - W_1 - W_2 - W_3 \pm W_4 - W_5$$

$$\pm Q_a' \pm Q_b' \pm Q_c' \text{ (kg/h)}$$

修正前蒸気消費量  $W_1' = G_1/L$  (kg/kWh)

修正蒸気消費量

$$W_1 = W_1' \times a_1 \times a_2 \times a_3 \times a_4 \times a_5 \text{ (kg/kWh)}$$

(C) 熱消費量, プラント効率

熱消費量

$$H = \frac{Q_T i_T - Q_w i_w}{L} \text{ (kcal/kWh)}$$

ただし  $Q_T$ : タービン入口蒸気量 (kg/h)

$i_T$ : タービン入口エンタルピー (kcal/kg)

$Q_w$ : 高圧第二加熱器出口給水量 (kg/h)

$i_w$ : 高圧第二加熱器出口給水エンタルピー (kcal/kg)

$$\text{プラント効率 } \eta = \frac{860}{H} \times 100 \text{ (\%)}$$

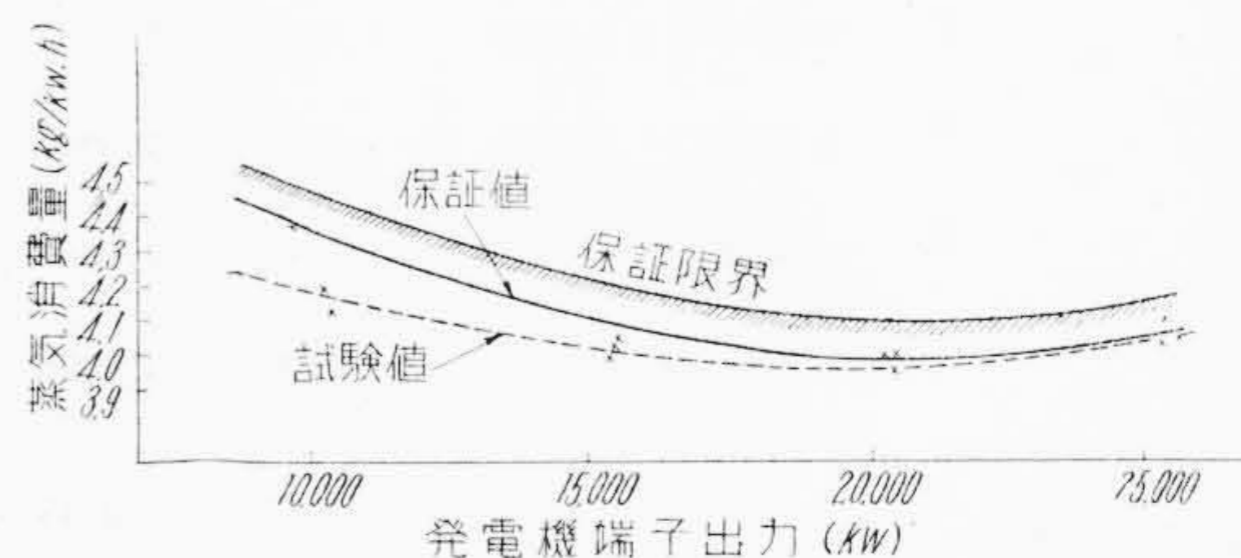
(6) 試験結果

(A) 無出気試験成績

上記の試験結果の抜粋を第7表に示す。また第11図は無出気試験の蒸気消費量と出力の関係を図示したものである。

第7表 無出気試験成績表よりの抜粋  
Table 7. Extract of No Bleeding Test Results

測定項目	25,000kW	20,000kW	15,000kW	10,000kW
出力 (kW)	25,374	20,437	15,412	10,275
回転数 (rpm)	2,988	2,980	2,978	2,980
主蒸気圧力 (kg/cm <sup>2</sup> g)	29.1	28.8	30.0	30.3
主蒸気温度 (°C)	399	401.8	409.3	410
排気室真空 (mmHg)	721.4	723.5	733.0	736.4
測定復水量 $G_0'$ (kg/h)	107,366	86,288	63,787	44,651
封水パツキン用水量 $W_1$ (kg/h)	495	615	476	483
空気抽出器蒸気量 $W_2$ (kg/h)	575	555	570	561
衝帯蒸気消費量 $W_3$ (kg/h)	0	498	549	659
復水溜水量増減 $W_4$ (kg/h)	+310	+6	+126	+326
復水器漏洩量 $W_5$ (kg/h)	212	212	212	212
修正前蒸気流量 $G_0$ (kg/h)	106,398	84,414	62,106	43,063
修正前蒸気消費量 $W_0'$ (kg/kWh)	4.19	4.13	4.03	4.18
補正係数				
回転数 $a_1$	0.9992	0.9987	0.9986	0.9987
圧力 $a_2$	0.9833	0.9920	1.0000	1.0010
温度 $a_3$	0.9833	0.9881	1.0000	1.0000
真空 $a_4$	0.9852	1.0000	1.0040	1.0050
力率 $a_5$	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
修正蒸気消費量 $W_0$ (kg/kWh)	4.0350	4.0000	4.0300	4.2000



第11図 無出気時蒸気消費量曲線  
Fig. 11. Water Rate Curves in No Bleeding Case

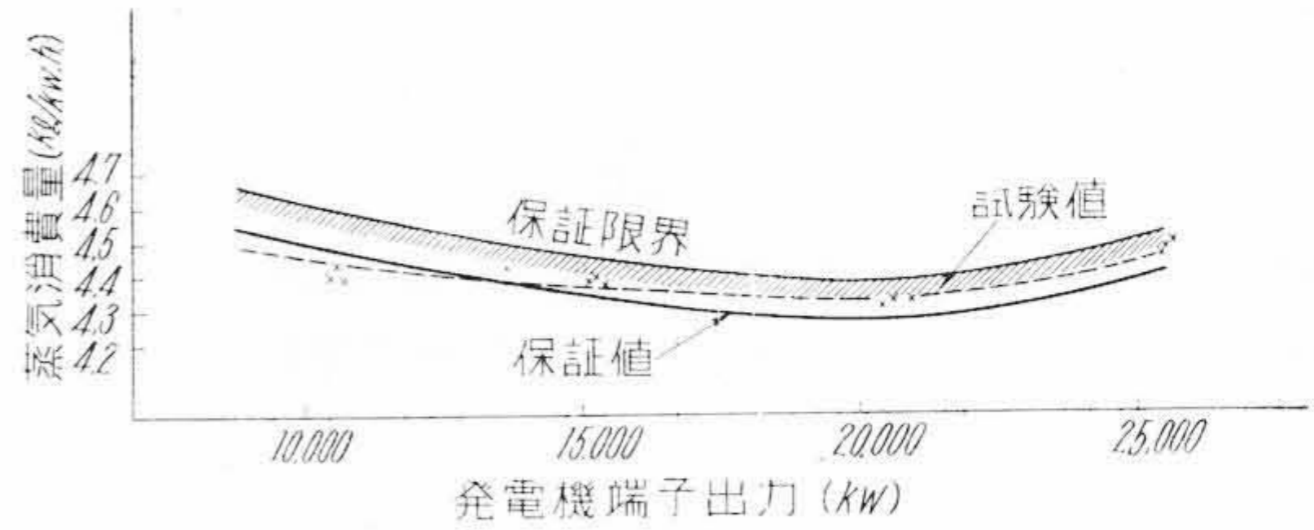
(7) 出 気 試 験 成 績

出気試験時における試験結果の抜萃を第8表に示す。また第12図は蒸気消費量と出力の関係。第13図は熱消費量と出力の関係曲線を示す。

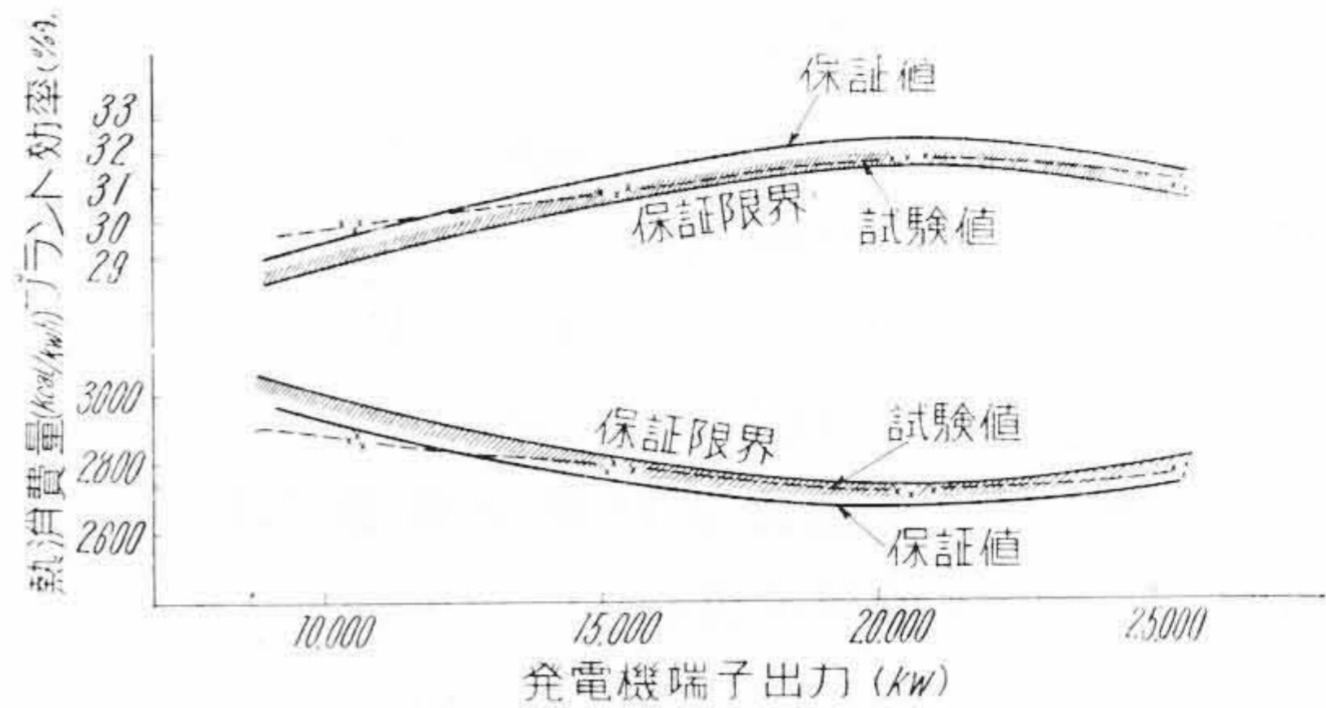
第 8 表 出 気 試 験 成 績 表 よ り の 抜 萃

Table 8. Extract of Bleeding Test Results

測定項目	25,000kW	20,000kW	15,000kW	10,000kW
出力 (kW)	25,692	20,933	15,507	10,525
回転数 (rpm)	2,979	2,976	2,975	2,978
主蒸気圧力 (kg/cm <sup>2</sup> g)	29.49	29.0	30.0	30.0
主蒸気温度 (°C)	401.4	408	397.8	417
排気室真空 (mmHg)	721.4	734.0	734.8	741.4
測定復水量 $q_B$ (kg/h)	98,249	75,011	58,656	40,065
第一出気量 $Q_a$ (kg/h)	10,208	6,331	5,062	3,027
第二出気量 $Q_b$ (kg/h)	6,194	3,547	2,360	1,440
第三出気量 $Q_c$ (kg/h)	6,592	6,995	4,600	3,820
タービン入口蒸気量 $G_1'$ (kg/h)	121,243	91,884	70,678	48,352
封水パツキン用水量 $W_1$ (kg/h)	735	665	768	663
空気抽出器蒸気消費量 $W_2$ (kg/h)	590	525	558	417
衝帯蒸気消費量 $W_3$ (kg/h)	0	532	616	714
復水溜水量増減 $W_4$ (kg/h)	+233	+1,224	-595	+93
復水器漏洩量 $W_5$ (kg/h)	212	212	212	212
第一出気補正量 $Q_{a'}$ (kg/h)	-2,540	-383	-456	-300
第二出気補正量 $Q_{b'}$ (kg/h)	+740	+1,176	+825	+540
第三出気補正量 $Q_{c'}$ (kg/h)	+760	-484	-242	-410
修正前蒸気流量 $G_1$ (kg/h)	118,939	91,483	68,597	46,269
修正前蒸気消費量 $W_1'$ (kWh)	4.63	4.37	4.42	4.39
補正係数 $a_1$ 回数	0.9986	0.9984	0.9984	0.9985
補正係数 $a_2$ 圧力	0.9970	0.9940	1.0000	1.0000
補正係数 $a_3$ 温度	0.9852	0.9970	0.9790	1.0060
補正係数 $a_4$ 真空	0.9852	1.0040	1.0040	1.0060
補正係数 $a_5$ 力率	1.0000	1.0600	1.0000	1.0000
修正蒸気消費量 $W_1$ (kg/kWh)	4.475	4.34	4.37	4.45
熱消費量 $H$ (kcal/kWh)	2,776	2,715	2,789	2,898
プラント効率 $\eta$ (%)	30.97	31.67	30.83	29.67



第 12 図 出 気 蒸 気 消 費 量 曲 線  
Fig. 12. Water Rate Curves in Bleeding Case



第 13 図 熱消費量およびプラント効率曲線  
Fig. 13. Curves of Heat Rate and Plant Efficiency

(8) 試験成績に対する検討

(A) 計量タンク検定試験

計量タンク検定試験は水面の変動もなく、使用した水は測定時間中温度一定でタンク内の水温および壁温も極く自然に変化したので、正確な測定ができた。したがって無出気時のタンク計量はきわめて信頼できるものである。

(B) 測定方法

多数の測定者による測定であるにもかかわらず各負荷毎回における測定値のバラツキはほとんど1%以内に入っているため測定期間中運転状態はきわめて安定し、測定も正確であつたと考える。

(C) 流量計

流量計はオーバル流量計が0.6%以内の誤差で最も正確な値を示した。したがって出気時の計算の基礎にして差支えない。

(D) 蒸気消費量および熱消費量

無出気時の蒸気消費量は20,000 kWにおいて保証値と完全に一致し、他の負荷では保証値より少い(第11図参照)。また出気時には各負荷とも2.5%の保証限界内に入りしかも軽負荷において良くなつてきていることは無出気の場合と同一傾向であるので、当発電所が Base load よりむしろ Peak load 運転に使用される傾向にある点より見てきわめて適当な性能を有するものである(第12図参照)。また熱消費量も出気蒸気消費量と同様な傾向を示し、プラントとしてもすぐれた性能を有することがあきらかとなつた(第13図参照)。

(E) 復水器

復水器は所定の真空を保つのに十分な余裕を示した。またタービン排気室と復水器胴体間の圧力差は各負荷とも 0.5~1mmHg で計画値と一致し、過冷却も 1~1.5°C できわめて少いので復水溜の再熱式の効果は十分である。

(F) 空気抽出器

空気抽出器の蒸気消費量は計画値 700 kg/h に対して 400~590 kg/h ではるかに少い値を示している。したがって空気抽出器の性能は良好かつ十分な余裕を持っている。

(G) 出気管の圧力降下

各負荷における出気管の圧力降下は 3% 以下であり、計画の 5% より少い。

(H) 蒸化器ならびに各加熱器

蒸化器ならびに各加熱器とも十分計画通りの性能を発揮することができた。これは出気時における蒸気消費量および熱消費量の結果より見てあきらかである。なお各負荷における出気量の合計は計画値より少い。

以上の検討結果より見て本タービンならびに補機はい

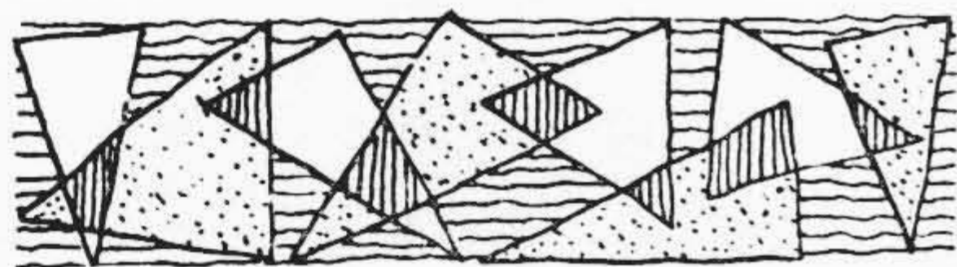
ずれも優秀な性能で所期の目的を達していることがわかる。

[VI] 結 言

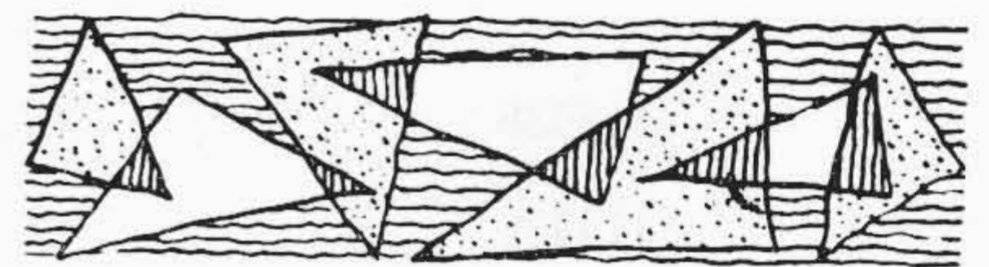
江別発電所第4号機タービンは頭初にのべたように色々な新しい設計を採り入れたのであるが、最後の性能試験の成績は、きわめて良好なことがあきらかとなつた。

これは製作開始以来北海道電力株式会社と日立製作所関係者の緊密な連絡のもとに総合技術を結集した結果であつて、その技術の優秀性を遺憾なく発揮したものである。また今回の性能試験は出気運転を主体としたもので、特に戦後の新しい設計を採り入れたタービンおよび補機の性能試験として、その方法ならびに結果ともに十分注目されるべきであり、今後の設計あるいは試験に色々な示唆を与えるものと確信する。

本稿をまとめるに当り製作開始以来種々御指導を賜つた北海道電力工務部山根次長を始め西沢火力施設課長、広瀬火力課長、江別発電所富樫技術課長、石沢建設係長ならびに関係者の方々に対し深甚の謝意を表する次第である。



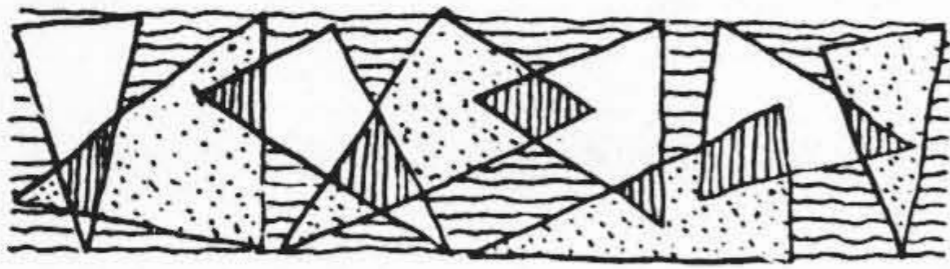
特 許 と 新 案



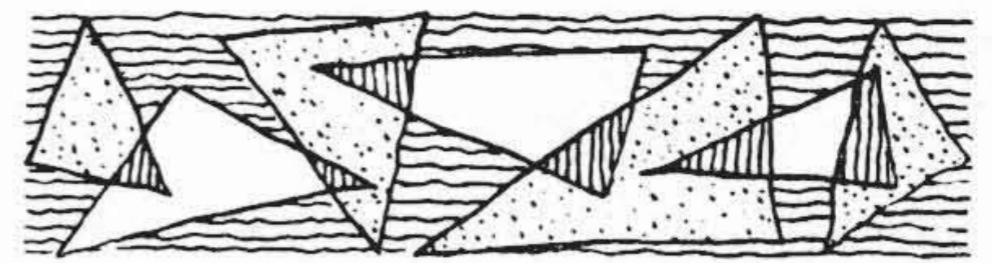
最近登録された日立製作所の特許および実用新案 (その 1)

区 別	登録番号	名 称	工場別	氏 名	登録年月日
特 許	206267	サーボモーター自動制限装置	日立工場	佐藤博司 藤野幸三	29. 6. 16
"	206268	変電所事故選択報知装置	日立工場	池田正一郎 宮崎徳太郎	"
"	206269	変電所故障選択表示装置	日立工場	池田正一郎 宮崎徳太郎	"
"	206270	変電所故障選別警報装置	日立工場	池田正一郎	"
"	206273	水銀整流器	日立工場	松野武一	"
"	206274	単極型整流器	日立工場	毛利銓一	"
"	206275	熔接方法	日立工場	武士一弥	"
"	206280	蒸気タービン推力軸受磨耗度検出装置	日立工場	滑川清	"
"	206282	誘導電圧調整器制御装置	日立工場	森山昌和	"
"	206278	ポンプ揚水管の自動凍結防止装置	亀有工場	寺田進	"
特 許	206279	ポット紡機の玉揚げ装置	川崎工場	薄正四	29. 6. 16

(次頁へ続く)



# 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)

(前頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工場別	氏 名	登録年月日
特 許	206272	耐久磁石を用いた倍率可変電子レンズ系	多賀工場	木 村 博 一	29. 6. 16
"	206260	不規則歯形を有する歯車の削成法	戸塚工場	林 吉 雄	"
"	206271	熱陰極水銀蒸気整流器の限時起動装置	戸塚工場	中 谷 信 夫	"
"	206276	ノイズスケルチ方式	戸塚工場	長 浜 良 三	"
"	206277	電子線の分割加速装置	中央研究所	榑 丸 勢 米一郎進	"
特 許	206281	螢 光 体	中央研究所	佐 藤 興 吾 務 藤本	29. 6. 16
実用新案	414384	無人変電所の故障表示装置	日立工場	小 林 哲 郎 秀太郎	29. 6. 18
"	414430	位相差自動補正附遠方同期装置	日立工場	齋 藤 武	"
"	414431	変電所事故報知装置	日立工場	池 田 正一郎 哲郎	"
"	414432	断 水 警 報 装 置	日立工場	角 田 勝 美	"
"	414433	油シーリングバルブ付リザーバー	日立工場	桑 島 千 秋 重 相 沢 茂	"
"	414438	遠 心 力 操 作 装 置	日立工場	横 山 二 郎	"
"	414439	重合罐における油軸封装置用油槽	日立工場	安 島 賢 亮	"
"	414440	光電比色計の液槽保持装置	日立工場	古 渡 賢 助	"
"	414441	光電比色計用光電池	日立工場	古 渡 賢 助	"
"	414448	水電解槽電解液通流装置	日立工場	川 島 夏 樹	"
"	414456	同期変流機の起動装置	日立工場	梅 沢 信 義	"
"	414459	横軸回転電動機用冷却器	日立工場	塚 本 茂 昌	"
"	414461	負 荷 時 電 圧 調 整 器	日立工場	齋 藤 亮 寅 二 治 沢 幡	"
"	414463	単 位 接 触 器	日立工場	竹 村 伸 一	"
"	414464	負荷時電圧調整器の附属油槽装置	日立工場	齋 藤 亮 寅 二 治 沢 幡	"
"	414466	単位接触器のアークホーン	日立工場	池 田 俊 夫	"
"	414468	負荷時電圧調整器用油入開閉器油槽の油補給装置	日立工場	齋 藤 亮 寅 二 治 沢 幡	"
"	414470	水 冷 端 子 取 付 装 置	日立工場	齋 藤 亮 寅 治 治 沢 幡	"
"	414471	磁 気 増 幅 器	日立工場	今 尾 隆	"
"	414473	ビニル被覆線端被覆剝離器	日立工場	菅 野 英 太 郎 暹	"
"	414444	拋 物 面 状 反 射 鏡	笠戸工場	青 木 喜 六	"
実用新案	414445	渦巻ポンプの放熱用逃し弁	亀有工場	寺 田 進	29. 6. 18

(第30頁へ続く)