

東京電力鶴見第二火力発電所 280 t/h ボイラ

280 t/h Boiler for No. 2 Tsurumi Thermal Power Plant, Tokyo Electric Power Co.,

関 口 安 通* 青 羽 雅 夫*
Yasumichi Sekiguchi Masao Aoba

内 容 梗 概

戦後日本の火力発電技術は外国の技術導入と関係者の努力によつてすばらしい発達を遂げ、今や全面的に世界の水準に接近してきたが、東京電力鶴見第二火力発電所に納入した本ボイラは、その発展の一段階として 60 kg/cm², 35 MW 級から 90 kg/cm², 66 MW 級への飛躍の先べんをつけ、その後続々と製作されている 100 kg/cm²-75 MW, 130 kg/cm²-125 MW, 170 kg/cm²-175 MW 級に対する貴重な資料を提供したのものとして意義深いボイラである。

当時の記録品である本ボイラを優秀な成績で性能試験を完了した機会に、その概要、試験の結果を紹介する。

〔I〕 緒 言

東京電力鶴見第二火力発電所に納入した 66,000kW 4号タービン用ボイラは、設計、製作、据付などすべて日立製作所と英国および米国バブコック社との密接な連携のもとに進められ、昭和30年末運転が開始された。当時国内ではその容量および蒸気圧力、温度ともに記録品であり、新鋭火力発電所としてその成果が注目されていたが、31年末に総合性能試験が行われ、後述のごとくボイラ効率は十分満足すべきものであり、ボイラ、タービン、発電機ともに日立製の本プラントは、定格 60,000 kW において総合効率 35.64% という優秀な値を示し、各方面の期待に答えた。これを機会に本ボイラの概要および性能結果を紹介する。

〔II〕 計 画 概 要

本ボイラは最大連続蒸発量 280 t/h の B & W 射幅型水管ボイラ本体と、その付属設備よりなり、燃料は微粉炭および重油を併用できるように計画され、その仕様は第1表の通りである。

各部の伝熱面積はつぎの通りである。

水冷壁 (投影).....	864 m ²
過熱器 (二次部).....	1,037 m ²
過熱器 (一次部).....	1,133 m ²
過熱器 (ケージ部) (投影).....	225 m ²
節炭器.....	3,390 m ²
空気予熱器 (二次部).....	13,500 m ²
空気予熱器 (一次部).....	4,530 m ²
使用重油	
種類.....	C重油
発熱量.....	10,000 kcal/kg
比重.....	0.98 (15/4°C)
粘度...レッドウッド 600 以下 (温度 50°C にて)	

* 日立製作所日立工場

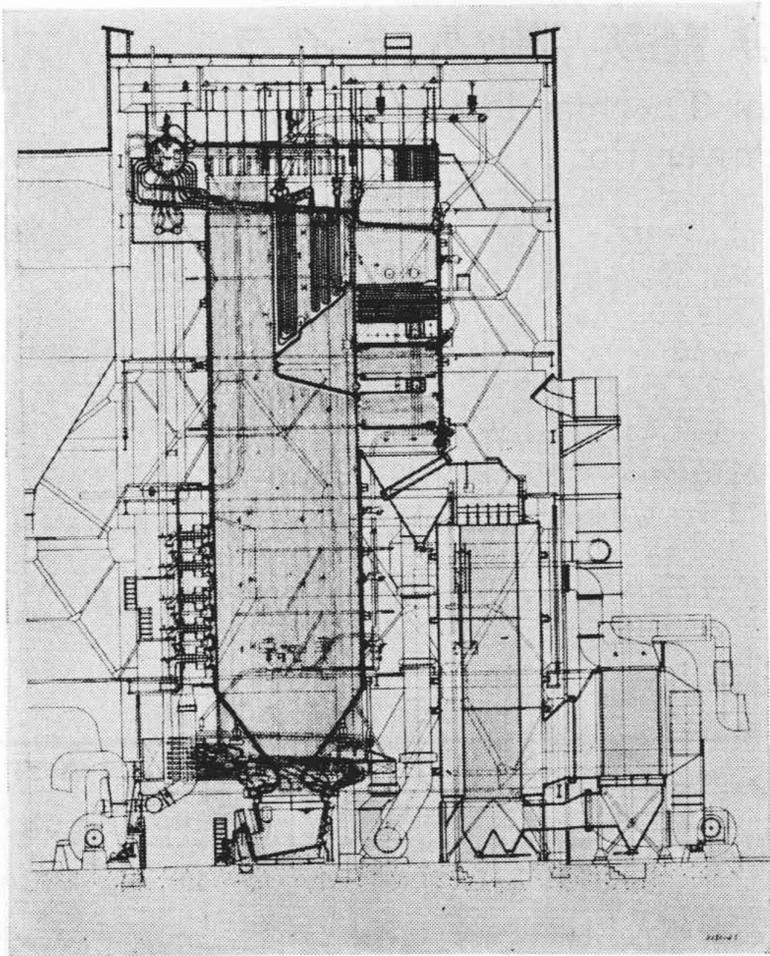
第1表 280 t/h ボイラ仕様

区 分	単 位	重 油 燃 焼		石 炭 燃 焼	
		経済負荷	最大連続負荷	経済負荷	最大連続負荷
蒸 発 量	kg/h	230,000	280,000	230,000	280,000
蒸気圧力 (ドラム)	kg/cm ² g	96.1	98	96.1	98
蒸気圧力 (過熱器出口)	kg/cm ² g	91	91	91	91
蒸気温度 (過熱器出口)	°C	513	513	513	513
汽 輪 効 率	%	93.15	92.6	90.5	90
給 水 温 度	°C	200	200	200	200
重 油 消 費 量	kg/h	15,960	19,550	—	—
重油低位発熱量	kcal/kg	9,437	9,435	—	—
石炭消費量 (焚込湿炭)	kg/h	—	—	31,860	39,050
石炭低位発熱量 (焚込時)	kcal/kg	—	—	4,860	4,860
火 炉 容 積	m ³	1,510	1,510	1,500	1,510
火 炉 負 荷	kcal/m ² h	111,100	135,700	112,000	137,800

- (1) 蒸気温度調整範囲は最大蒸発量の 75% 以上とする。
- (2) 上記はガスを再循環させた時の数値を示す。
- (3) 汽輪効率は焚込低位発熱量を基準とする。

凝固点.....	10°C
硫黄分.....	2.5 %
残留炭素.....	10 % 以下
灰 分.....	0.10 % 以下
水 分.....	1 % 以下
反 応.....	中性
引火点.....	80°C 以上
使用石炭	
発熱量.....	5,500 kcal/kg
湿 分.....	7.0 %
固有水分.....	4.5 %
灰 分.....	27.0 %
揮発分.....	33.5 %
固定炭素.....	35.0 %
灰軟化温度.....	1,200°C
灰溶融温度.....	1,300°C
粉碎性.....	50 (ハートグローブ)

第1図に本ボイラの組立断面図を示す。



第1図 280 t/h ボイラ断面図

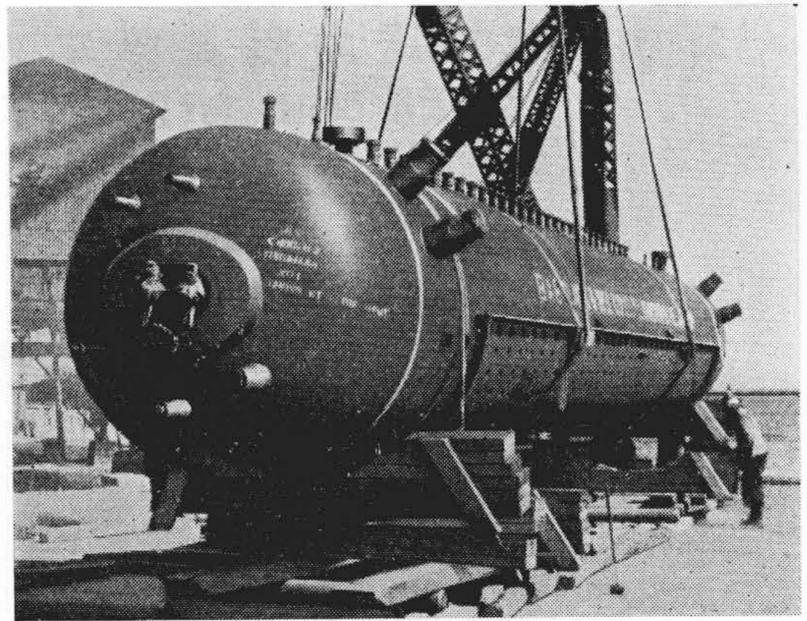
〔III〕 ボイラドラムおよび火炉

現在は日立製作所において、本ボイラよりさらに高圧のドラムも製作されているが、当時は慎重を期するため多年の経験を有する英国バブコック社よりドラムは輸入され、内径 1,676 mm (66"), 長さ 14,670 mm 板厚 104.8 mm (4 $\frac{1}{8}$ ") の全溶接胴で材料は高抗張力鋼 (34~38 t/cm²) を使用し、全重量は約 70 t である。第2図にその外観を示す。

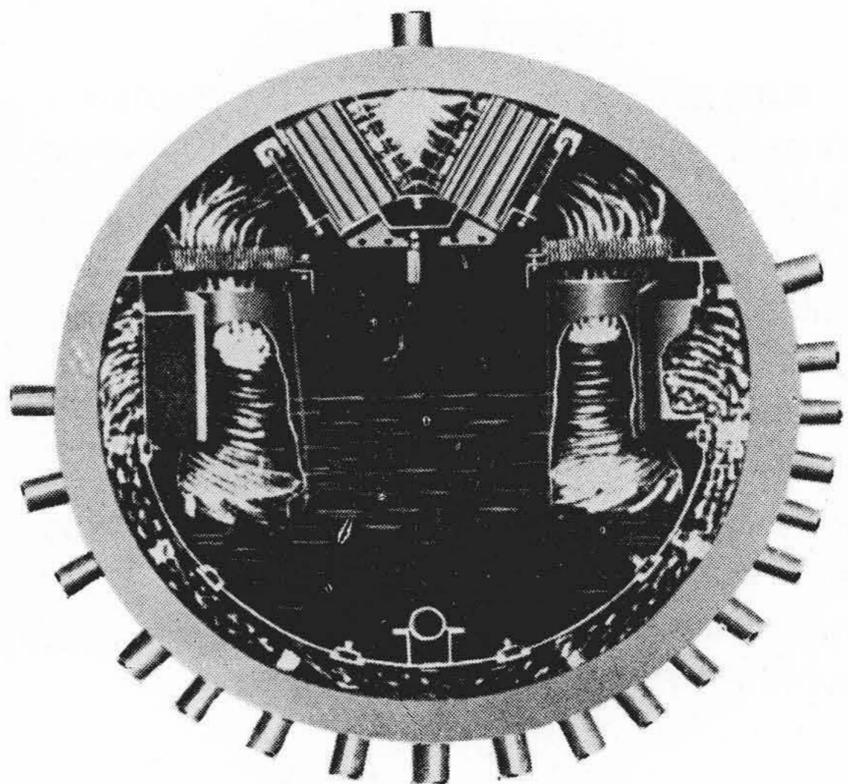
ドラム内には第3図に示すようなサイクロン式気水分離装置が設置され、蒸気純度の保持と缶水循環の安定を果している。このセパレータでは普通の重力分離の約20倍の分離力を発生し、缶水中に 1,000 p.p.m. の固形物が含まれていても蒸気中の固形含有量を 0.3~0.6 p.p.m. 程度にできる。本装置の構造、作用効果はすでに詳細に報告されているので省略するが、汽胴鏡板部が急速起動時に中央部より温度が低くなつて熱応力を生ずるのを防止するために第4図に示すごとき缶水循環バツフルを設けた。

また給水用、薬品注入用ノズルなどにはサーマルスリーブを取付け、缶胴板の熱的变化によるショックを防止している。

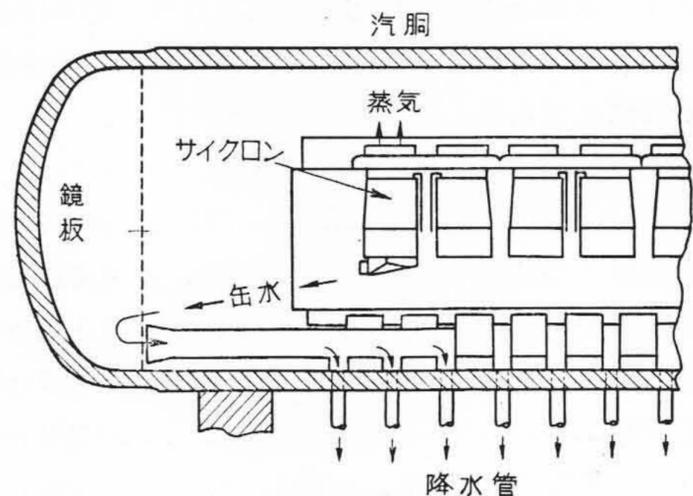
火炉は管外径3", ピッチ3 $\frac{1}{2}$ "のいわゆるタンゼントチューブの裸水管式水冷壁ホツパボトム型で、重油および石炭の燃焼に対し十分な大きさを与え、また石炭の溶灰によるトラブルを防止するに足る十分な冷却面を与えている。その火炉はバブコックの特許の炉壁構造で、チュ



第2図 ボイラドラム外観図

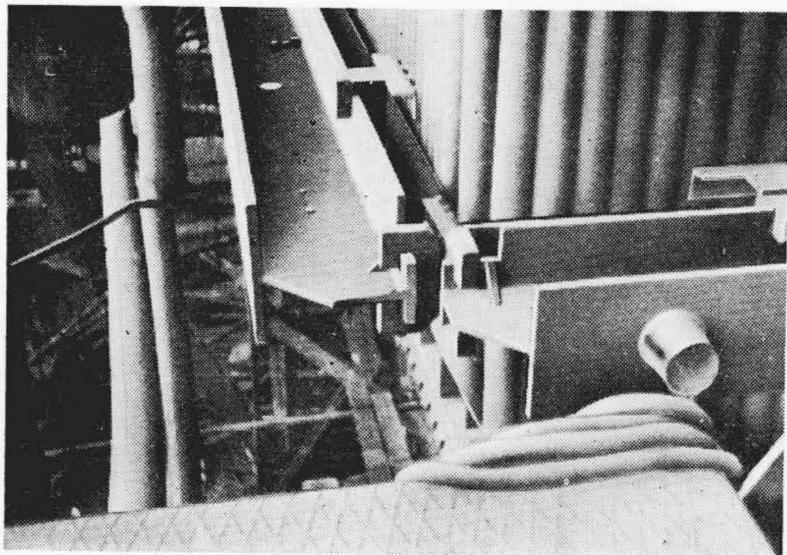


第3図 サイクロン式蒸気セパレータ



第4図 缶水循環バツフル

ーブ、炉材、保温材、ケーシングを含めて完全な箱体となつており、相互にスライドする部分がなく、かつ支持方式が天井よりの吊下型のため熱膨脹による無理がまったく生じない。これがため従来問題視されたコーナ部分や開口部の取付座の部分からの漏れ込み空気による効



第5図 コーナ部水冷壁

率の低下が完全に防止されている。第5図には炉材施工前のコナ部水冷壁を示す。

降水管はドラム全長にわたり均一分岐管を配置し、それを400φの大径管4本にまとめて汽罐の両側をおろし、運転床下において外径114φの分岐管により下部ヘッドに連結している。

水壁ヘッド内には数箇所ダイヤフラムを設け、循環水の分配を均一にし、局部過熱の防止と籠水の循環を整然とさせている。ヘッドチューブはエキスパンドされているが、ハンドホールはカップタイプおよびクロージングニップルを用い、スパイラルエキスパンドによつて取付け、さらにヘッドに漏れ止め溶接する構造である。

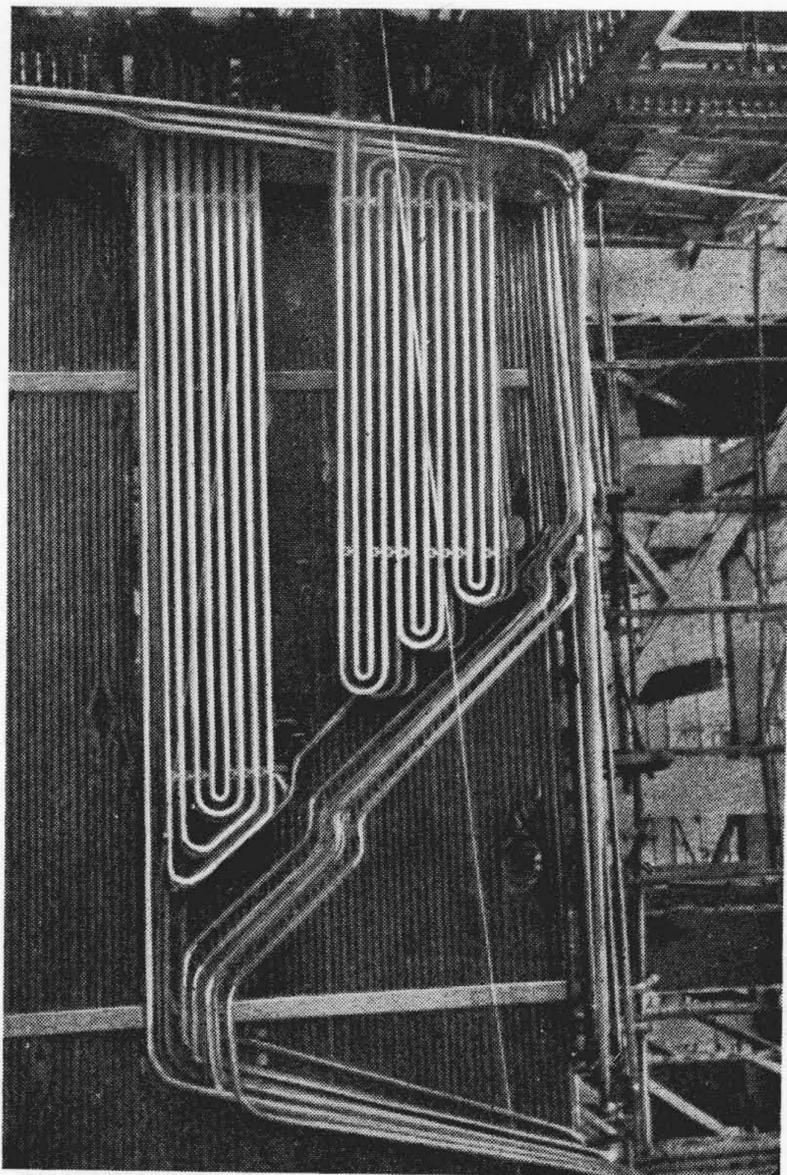
前壁の20個のバーナ開口部は、スタッドを植え、特殊耐火物（プラスチッククロームオア）を塗り込んで着火の安定と管の保護を計っている。

火炉下部には水浸式アッシュホップを装備し8時間に1回1区分室ごと20分で内部の灰を排出する。灰出しノズル用水は各ノズル入口で7 kg/cm²の圧力を有する海水を使用する。また火炉との間はシーリング水によつて完全に密閉し、空気の漏込みを防いでいる。

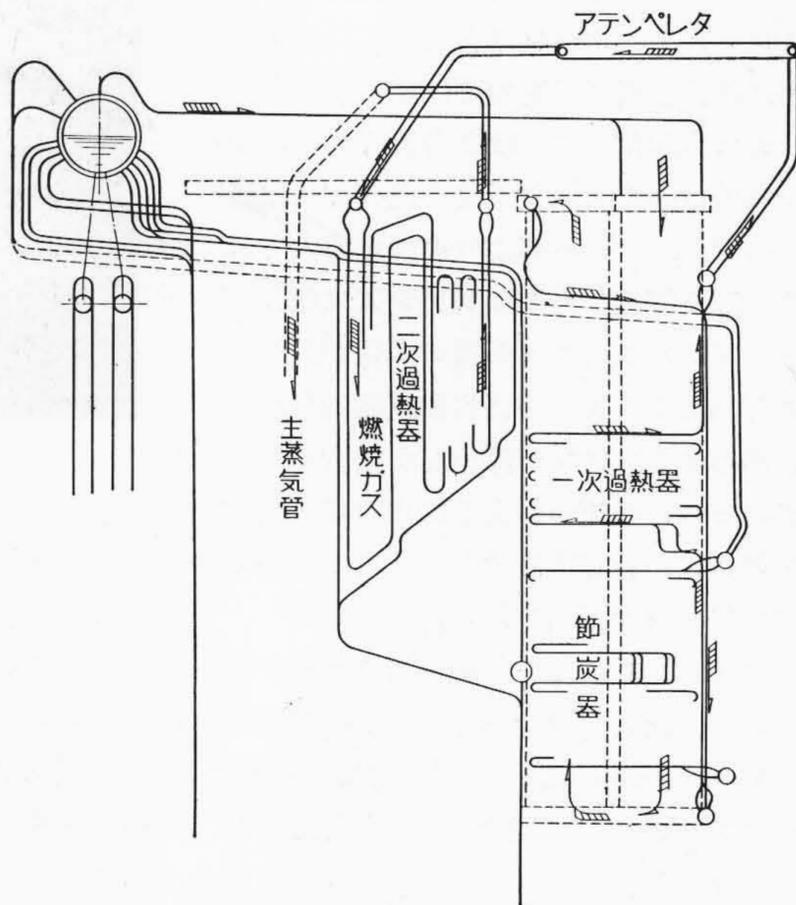
〔IV〕 過 熱 器

過熱器は一次と二次より成り、第1図に示すごとく、いずれもマルチループ型で、一次は横置き式、二次は吊下型である。第6図は二次の組立状況を示し、第7図は過熱器関係の蒸気の流れを示す。ボイラが高温高圧になるにつれて、二次過熱器以後の燃焼ガスはできるだけ、蒸気温度上昇以外に熱吸収をさせぬことが望ましいので、一次過熱器および節炭器のケージ部は蒸気管を以て構成している。

過熱管は外径63.5 mmの鋼管を使用し、一次は1% Cr, 0.5% Moを二次は2¼% Cr, 1% Moで、ともにヘッドとの取付けはスタップ構造である。一次過熱器はガスと蒸気は対向流であるが、二次過熱管は高温強度上



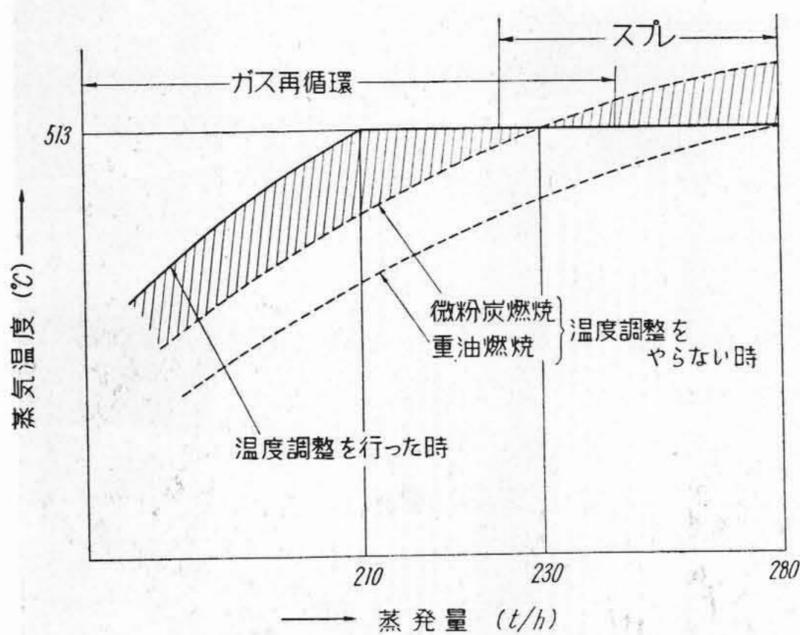
第6図 組立中の二次過熱器



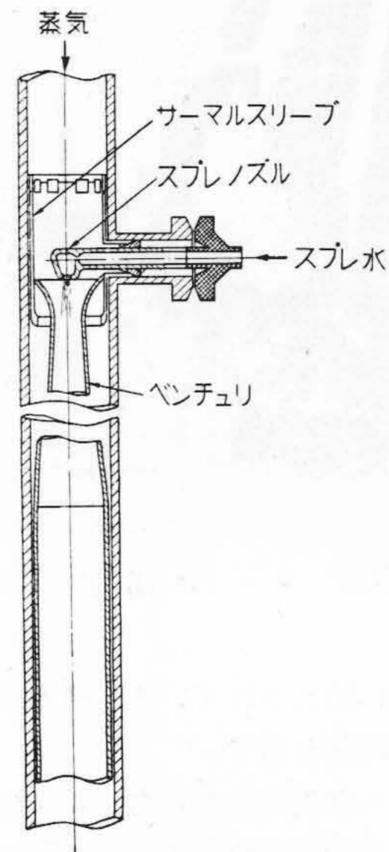
第7図 過熱器関係の蒸気流れ説明図

の問題のため、燃焼ガスの流れと管内の蒸気流れの方向を並行方式とした。

また限られたスペースに有効な配置をするため、過熱



第 8 図 ガス再循環およびスプレ式アテンペレタによる蒸気温度調節曲線



第 9 図 スプレ式アテンペレタ

管の小半径の管曲げが問題となり、曲げ部の肉厚の減少、偏肉傾向を最小限に止めるため、工場において試作研究の結果特殊なショートベンドを製作することができた。

〔V〕 蒸気温度調整装置

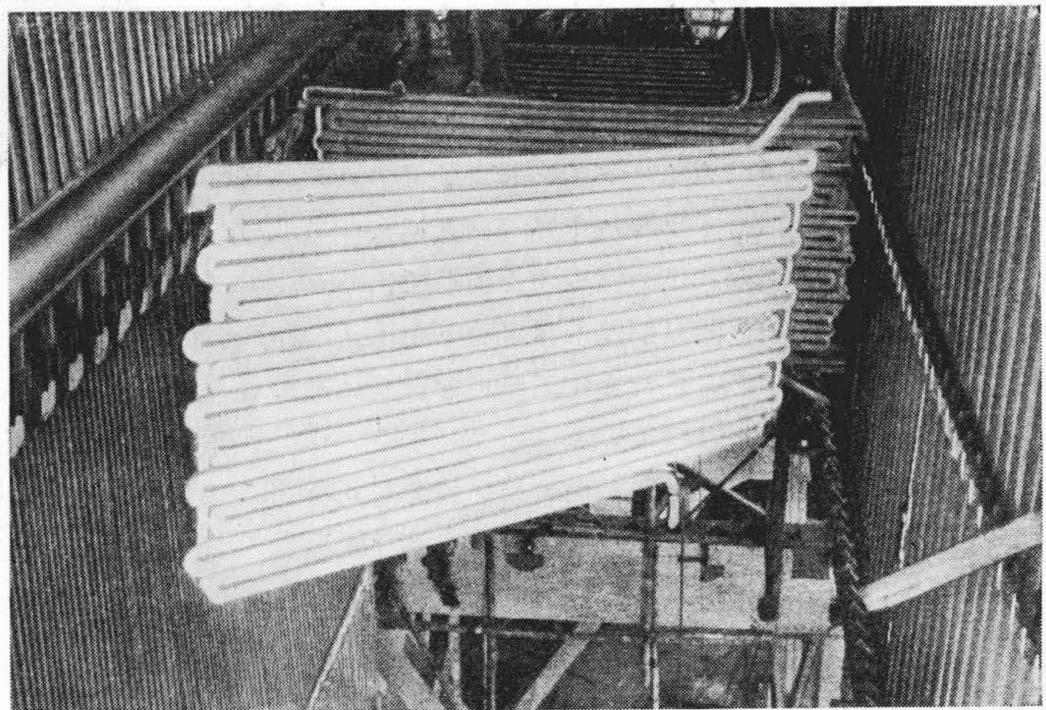
重油、石炭焚ともに最大蒸発量の75%以上の蒸発量では蒸気温度を一定に維持するため、煙道ガス再循環方式およびスプレー式アテンペレタを採用した。第8図は負荷と蒸気温度の関係を示す。

ガス再循環ファンは2台設置され、節炭器出口のガスダクトより燃焼ガスは吸い込まれ、ホッパ部より火炉に導入される。温度調整は再循環ファン入口側に設けたダンパにより再循環ガス量を調節して行われる。ダンパは自動汽鐘制御装置と連動するファンが停止した場合には、高温ガスが逆流せぬように出口側に自動閉鎖ダンパを設ける共に、冷空気導入ダンパを設置してファンを保護してある。

アテンペレタは二次過熱管のオーバヒートを防止するため、一次と二次過熱器の中間に設置され、ベレコントロールバルブによつて注水量が調節され、過熱蒸気中にスプレとなつて混合し、蒸気温度を低下させて調整する。第9図に示すごとく、噴出水により生ずるサーマルショックを防止するため、噴出水入口部にはサーマルスリーブを設けてある。

〔VI〕 節 炭 器

横置マルチループ型で、63.5 mmの鋼管を使用しスタ



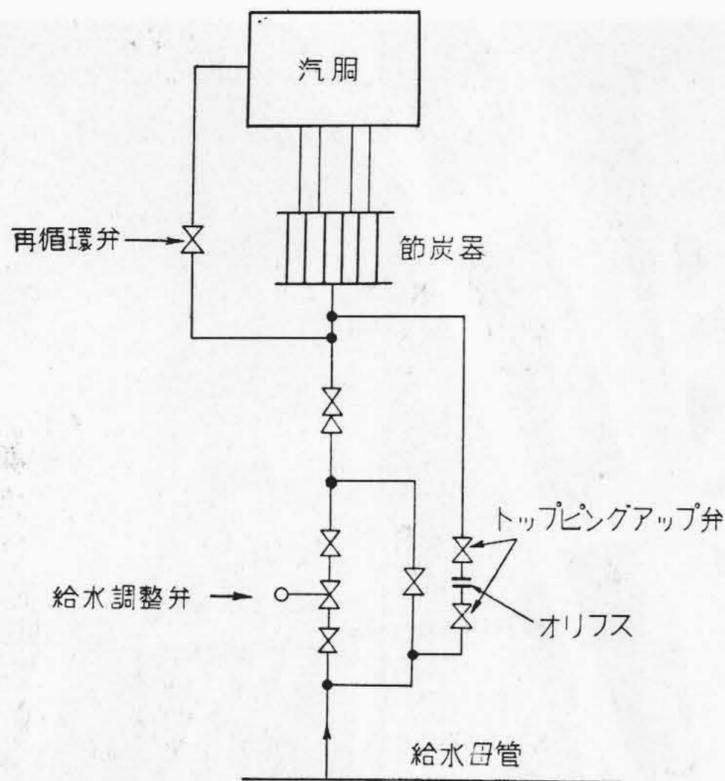
第 10 図 組 立 中 の 節 炭 器

ップ構造である。第10図は組立中の外観である。節炭器入口には第11図に示すようなトッピングアップ弁を取付け、空のボイラに給水するとき、またボイラを停止した際少量の水を補給する場合に給水弁前後の大きな圧力差による弁座の損傷を防止する。

また節炭器とドラム間には、再循環管と弁を設け、汽鐘停止時はこの弁を開き、ドラム内の罐水を節炭器に循環せしめて残存ガスによる万一の過熱を防止する構造となつている。

〔VII〕 空 気 予 熱 器

外径63.5 mmの鋼管型で、高温および低温部の二つに



第11図 トップピングアップ弁および再循環弁取付説明図

分れており、両部とも管の取換えに便なる設計とした。低負荷運転時、特に重油混焼あるいは専焼の場合には、管の腐蝕が問題となるので、予熱器とファンの間にはバイパスおよび再循環ダクトを設け、それぞれ起動時および低負荷時に使用し、予熱管の管壁温度をつねにガスの露点以上になるよう設計した。

また高温部に比し腐蝕の生じ易い低温部は特に厚みの厚いものを使用し万全を期した。

〔VIII〕 スートブロワ

スートブロワは英国バブコック社より輸入したものを使用し、単独および連続作用はすべて電気式で、合計47台を備えている。型式はユニデレクショナル・レトラクタブル、ユニデレクショナル・ノンレトラクタブルおよびラック型の3種類である。

ユニデレクショナル・レトラクタブルは高温ガスの部分に使用し、火炉21台、一次過熱器上部のケージ後面に4台を設置した。ノズルは2個の噴孔を有し、噴出圧力は火炉用は 200 psi、ケージ部は 300 psi でノズルが噴出位置にある時完全に2回揺動する。ノズルの標準移動距離は6"で、ノズル外端は引込位置において、ボイラウォールの面からさらに引込まれた状態にあり、火焰による過熱をさけている。

ユニデレクショナル・ノンレトラクタブルは低温ガス部に使用し、エレメントパイプは火炉内に常置する。本ボイラで

は節炭器下部に4台、一次空気予熱器上部に4台取付けた。ノズルには9個の噴孔があり、噴出圧力および噴射角度は、前者は 150 psi、115度で後者は 250 psi、90度であり、ともにクランクギヤの1回転で完全に1回揺動する。

ラック型は火炉スクリーン部に4台、二次過熱器部に4台、一次過熱器部に6台設備し、管は回転しながら作動時は炉内を移動し、使用せぬ時は炉外に定置する。噴出圧力は 150 psi である。

各型式のブロワに供給される蒸気は、すべて高圧の過熱蒸気で供給蒸気管の途中のオリフスにより減圧される。

〔IX〕 燃 焼 設 備

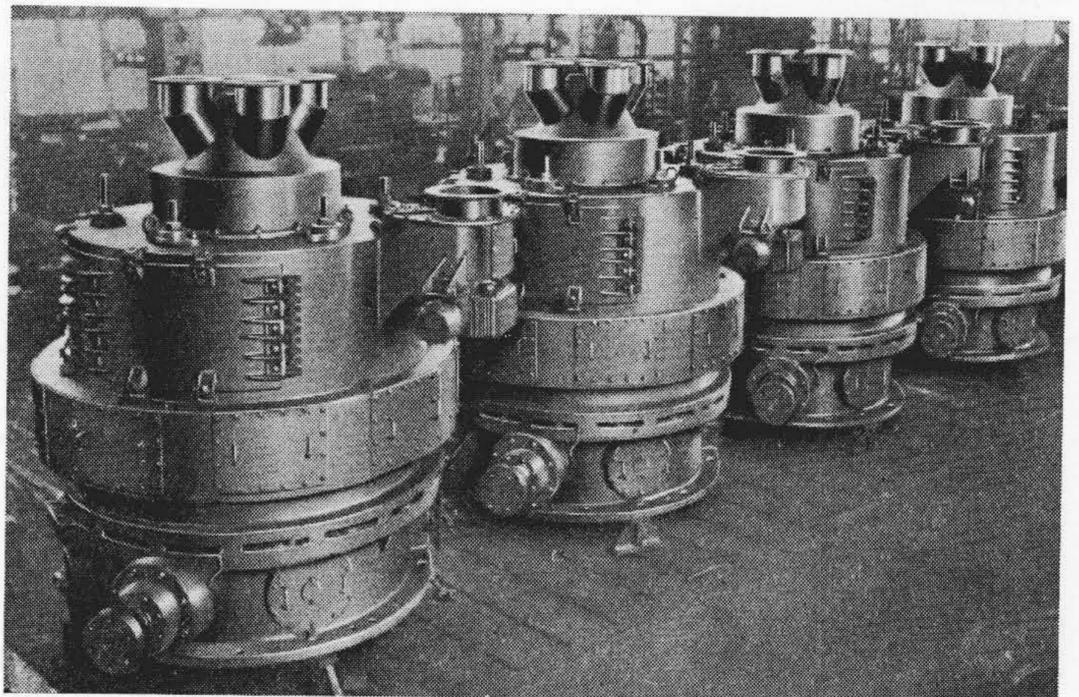
石炭粉砕機の仕様はつぎの通りである。

型 式B & W E-70 型	
容 量 12.4 t/h×5 台	
粉砕度	50 メッシュ通過	100 %
	100 メッシュ通過	90 %
	200 メッシュ通過	70 %

第12図はEミルの工場における組立外観を示す。

Eミルに関してはすでに紹介されているので詳細は省略するが、その要点はつぎの通りである。

- (1) 回転主軸とグラインデング作用の方向が平行であるので主軸の振動は起らず、ボールはスプリングにより下方に押しつけられており、ボールの数が多いので一つが堅いものをかんでスラストを受けても軸の片振れはなく、安全かつ静粛に運転できる。
- (2) 通過空気は圧力を持ち、一次通風機は清浄な空気のみを処理するので長期連続運転が可能である。
- (3) 給炭量の調節は一次ファンの吐出風量を検出し、これを調節することによつて容易に行われ、ま



第12図 E 型 ミ ル 外 観 図

た機内保有石炭量が比較的少ないため、バーナの微粉炭流量はほとんど瞬間的に調節され、負荷の急変に即応できる。

本装置の確実性は、後に述べる性能試験においても証明された。なおボールは 10 1/2" 径の高炭素鋼製 20 個を使用した。

バーナはサーキュラバーナで、Y ジェット式オイルバーナを併用し、容量は石炭焚 3,000 kg/h、重油 1,250 kg/h のもの 20 個を使用した。

サーキュラバーナは、ルーバダンパを設けてあるので、二次空気量および旋回運動の強さを変え、火焰の長さを適度に調整できるので燃焼効率が良い。

また Y ジェットバーナは油の通路にレジスタプレートをおいて油圧を調整し、さらに蒸気圧力をも調節できるので、非常に広範囲の負荷調整が得られる。重油圧力は 13 kg/cm²g、蒸気圧力は 14 kg/cm²g である。

バーナに入る油は全部消費されるが、起動時油管内をウォームアップするため、戻り油管系を設け、サービスタンクとバーナ間を油が循環する。なお重油添加剤として重油管系にドロマイトを注入し、過熱器そのほかの伝熱面に付着するスラッグを除き易いようにした。また重油温度調整装置を設け、重油温度を一定に保つよう、重油加熱器の蒸気量を自動的に調整できる。

点火バーナは圧力噴射式オイルバーナで、作動油圧は 17.5 kg/cm²g、容量 363 kg/h のもの 12 組を備えている。これは電氣的に自動点火される。スパーク電極は特殊耐熱鋼線製で火花の位置は噴霧油の円錐状に応じて調節が可能である。

バーナ部附近の外観を 第 13 図 に示す。

〔X〕 自動汽罐制御装置

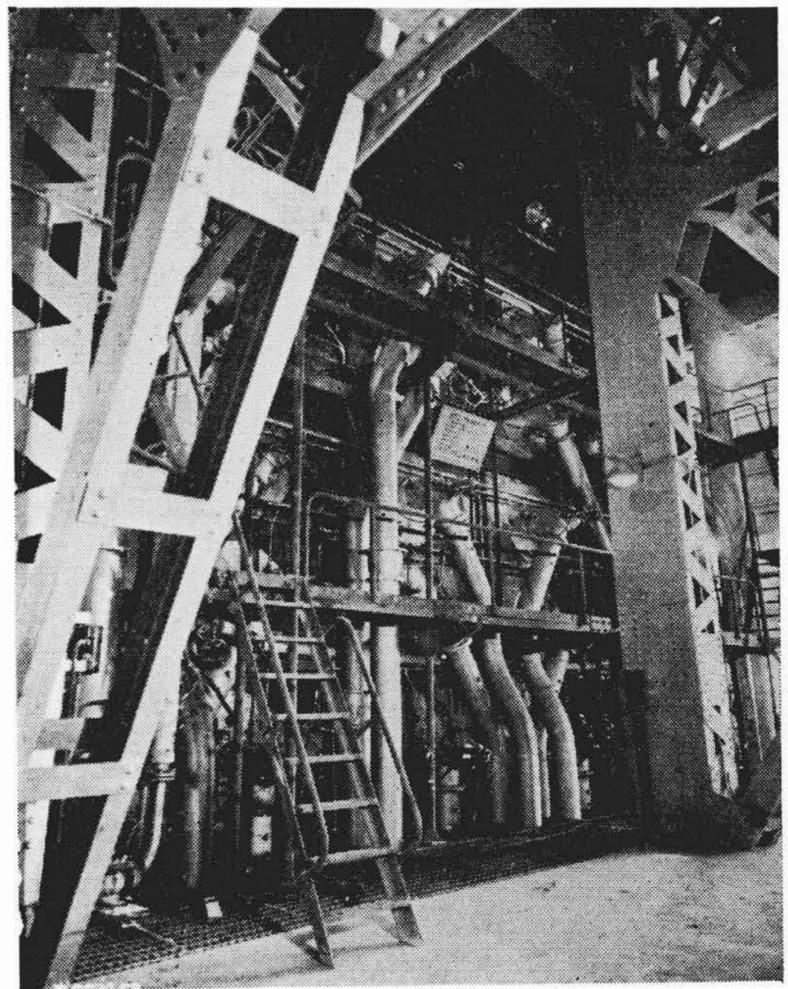
自動汽罐制御装置はベール空気作動式を使用し、検出値を空気圧力に変換して中央室パネルの記録計、指示計および制御装置に指令を与える機構になっている。

主たる制御は燃焼制御（蒸気圧力、空気量、炉圧、ミル出口微粉炭、空気温度制御）、給水制御、給水ポンプ速度制御および蒸気温度制御などである。

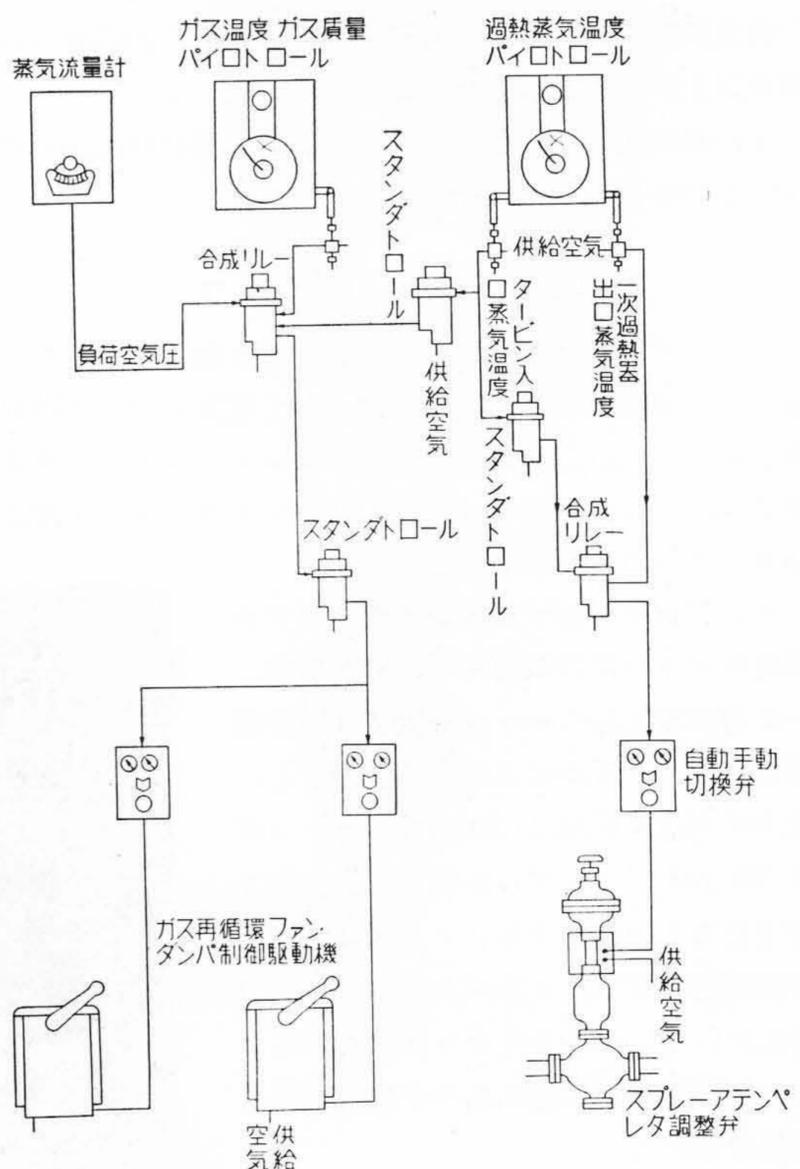
一例として、蒸気温度制御系統を 第 14 図 に示す。

〔XI〕 性能試験結果

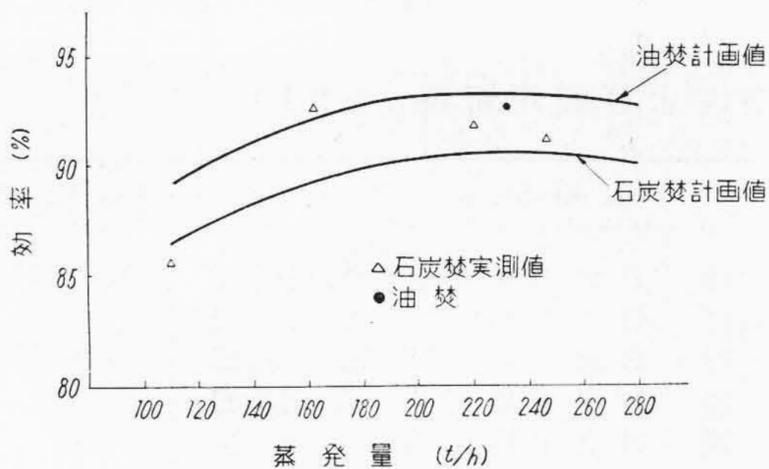
本ボイラは 30 年 9 月火入式を行い、同年 12 月官庁落成検査を完了し、その後順調に運転を続けているが、去る 31 年 10 月および 12 月に約 10 日間性能試験を行つた。この試験は平常の営業運転と同一状態で実施したが、燃焼装置、自動制御装置などが良好に作動し、安定した運転が得られた。その結果の大略を 第 2 表 に示す。



第 13 図 バーナ部付近の外観図



第 14 図 蒸気温度制御系統図



第15図 蒸発量効率曲線

(a) 汽籠効率

各蒸発量に対する効率を第15図に示す。効率は低位発熱量を基準にして求めた。図でわかるごとく、効率はほとんど計画値を上回る数値を示した。重油焚の場合と石炭焚で低負荷の場合、計画値を一部下回るところがあるが、保証値よりは十分上の数字がでている。なお効率にある程度のバラツキが見られたが、一定品質の使用炭を得るのが困難な実状に起因する。

(b) 蒸気温度、蒸気圧力

蒸気温度は石炭焚の場合には、最大蒸発量の40%負荷の時でも、規定温度を保持できたことは、ガス再循環ファンの性能の優秀性を物語るものである。また自動制御が良く働いて負荷の変動によく順応しているため、蒸気圧力の変動もほとんど見られなかった。

〔XII〕 結 言

以上で本ボイラの計画設計概要およびその特色ならびに性能試験結果についての報告を終るが、火力発電技術の進歩は非常に急速で、その記録はつぎつぎに更新され

第2表 性能試験結果

項目	単位	石炭焚	石炭焚	石炭焚	石炭焚	油 焚
		66MW	60MW	45MW	30MW	60MW
蒸 発 量	kg/h	245,143	226,468	160,241	113,904	232,815
蒸 気 圧 力 (過熱器出口)	kg/cm ² g	90.9	91.0	89.1	90.3	90.5
燃 料 消 費 量	kg/h	33,532	29,718	23,730	16,593	15,387
蒸 気 温 度 (過熱器出口)	°C	511	514	514	512	510
給 水 温 度 (節炭器入口)	°C	213	206	193	177	205
給 水 温 度 (節炭器出口)	°C	277	272	258	273	276
ガ 斯 温 度 (二 次 過熱器入口)	°C	979	982	910	763	883
ガ 斯 温 度 (一 次 過熱器出口)	°C	439	476	439	427	460
ガ 斯 温 度 (節 炭 器出口)	°C	246	250	220	236	263
ガ 斯 温 度 (空 気 予熱器出口)	°C	120	125	113	115	124
空 気 温 度 (空 気 予熱器出口)	°C	245	249	225	228	250
ガ 斯 分 析 O ₂ (節炭器出口)	%	4.6	3.7	5.5	3.2	3.2
ガ 斯 分 析 CO ₂ (節炭器出口)	%	14.2	15.0	13.4	13.2	13.2
ボイラ効率	%	91.16	91.99	92.70	85.30	92.26

石炭分析値

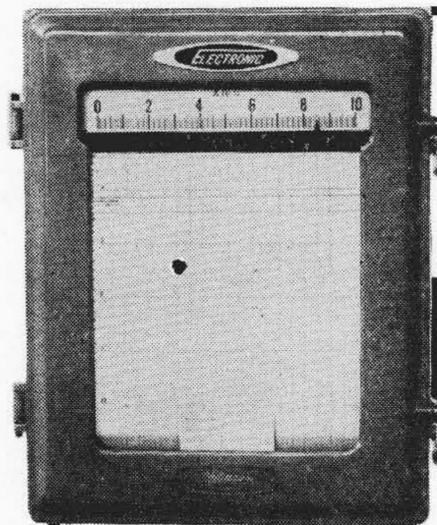
	湿 分	固 有 水 分	灰 分	揮 発 分	固 定 炭	高 位 発 熱 量 (kcal/kg)
66MW	8.2	2.75	30.81	27.32	39.12	5,509
60MW	7.4	3.00	25.98	34.25	36.77	5,728
45MW	7.4	2.73	35.31	27.56	34.40	5,157
30MW	7.7	2.92	25.17	34.06	37.85	5,837

重油分析値

発 熱 量	10,338 kcal/kg (高位)
水 分	0.07%
比 重	0.946
水素(含水)	[湿重油基準] 10.72%

て行く現状であるが、ボイラの進歩は運転実績の結果によるところが多いので、われわれは本ボイラの実績をさらに詳細に検討して一段の発展を期すべきと思う。

終りに臨み東京電力関係各位および本報告の資料を提出された関係各位に深く感謝致し擱筆する。



高精度

耐久度を誇る!



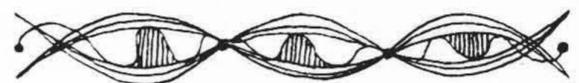
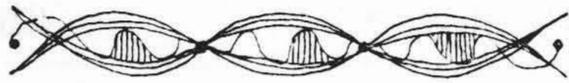
日立工業計器

温度計・流量計・液面計・分析計
電子管式各種計器・自動調節計

TVR型電子管温度記録計

東京・大阪・名古屋・福岡・仙台・札幌

日立製作所



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
実用新案	455568	界磁線輪	日立工場	菅野政雄	31.12.25
"	455571	三相誘導電動機の单相運転防止装置	日立工場	村田正光	"
"	455577	円筒状線輪を有する直流電磁石	日立工場	戸島頭	"
"	455578	グリッド抵抗器	日立工場	豊田隆太郎	"
"	455583	扛重電磁石安全対応装置	日立工場	楊元之郎	"
"	455584	電機子巻線	日立工場	菅野政雄	"
"	455585	分割刷子	日立工場	大塚原繁太郎	"
"	455587	ガスタービン点火装置	日立工場	一々木精治	"
"	455593	電機子	日立工場	磯部昭二	"
"	455594	界磁線輪締付装置	日立工場	磯部昭二	"
"	455595	分割刷子	日立工場	佐々木義雄	"
"	455601	遮断器空気力操作装置	日立工場	飯高橋長一郎	"
"	455602	碍子型遮断器における油流ピストン装置への送気装置	日立工場	高落清水正太郎	"
"	455609	回転軸軸封装置	日立工場	滑川明夫	"
"	455612	加熱器危急保護装置	日立工場	高安島賢亮	"
"	455545	計量槽への材料を供給する装置	笠戸工場	吉藤井健一郎	"
"	455559	ダンブカーの自動荷卸し装置	笠戸工場	三進藤信好	"
"	455600	切替弁	笠戸工場	高本一男	"
"	455605	警笛防雪装置	笠戸工場	高斎藤節男	"
"	455610	鉄道車輛の前照燈自動回動装置	笠戸工場	進藤好文	"
"	455561	渦巻ポンプ	亀有工場	岸野俊雄	"
"	455562	差動式チェーン駆動による巻上機用深度計	亀有工場	串田政春	"
"	455573	軸をロープに直角に支持する装置	亀有工場	村上和吉	"
"	455596	オイルシール	亀有工場	田中成一夫	"
"	455603	熔銑炉および熔鋇炉羽口視孔	亀有工場	西山喜太郎	"
"	455604	側路弁式水槌作用防止装置	亀有工場	小木暮健三郎	"
"	455599	冷蔵庫の化粧板取付装置	栃木工場	楠本陽一郎	"
"	455563	継電器	多賀工場	小島義男	"
"	455564	継電器	多賀工場	小島義男	"
"	455565	着火断続器進角装置	多賀工場	大和田正義	"
"	455566	内燃機関用配電器	多賀工場	瀬谷清一	"
"	455570	フランジャー型継電器	多賀工場	西野雅一郎	"
"	455572	回転軸気密封塞装置	多賀工場	河村三郎	"
"	455574	遠心分離機完全装置	多賀工場	川崎光彦	"
"	455575	カーボンパイル抵抗器	多賀工場	吉宮川崎達三郎	"
"	455576	限時開閉器	多賀工場	西野雅一郎	"
"	455588	点火栓	多賀工場	西服部順一	"
"	455589	扇風機用スターンド	多賀工場	四倉輝夫	"
"	455591	断続器真空進角装置	多賀工場	大和田正光	"
"	455597	遠心分離機カバ一	多賀工場	大川崎正光	"
"	455598	遠心分離機非常制動装置	多賀工場	門馬光彦	"
"	455606	扇風機油差取付装置	多賀工場	四倉輝夫	"
"	455607	ギヤボックス油止装置	多賀工場	益子三郎	"
"	455608	ゴムパッキン	多賀工場	黒沢正次	"

(第16頁へ続く)