

東京電力株式会社 納
品川火力発電所 435 t/h (125 MW) ボイラ

435 t/h (125 MW) Boiler for the Shinagawa Thermal Power Station
Tokyo Electric Power Co.

小 玉 美 芳* 関 口 安 通*
Miyoshi Kodama Yasumichi Sekiguchi

内 容 梗 概

本ボイラは重油、微粉炭のいずれでも運転できる計画であるが、特に重油専焼に対し、低温腐蝕の対策として、スチームエヤヒータ、軽油起動バーナを装備し、また重油装置に間接加熱方式の採用などの特長点を紹介する。

1. 緒 言

東京電力株式会社納品川火力発電所に納入される 125 MW 用の本ボイラは、すでに各所に据付運転されている 75 MW 級ボイラの実績と、千葉火力、仙台火力などに納入され建設中の 175 MW ボイラ級の最新の設計を取り入れて計画されたもので、石炭、重油のいずれの燃料でも運転できる構造であるが、特に重油専焼時における低温部の燃焼ガスに接する部分の腐蝕に対して特別考慮している。近々現地にその据付が開始されるにあたり、仕様の概要、設計、構造上の特長点につき簡単に紹介する。

2. 計 画 概 要

本ボイラは過熱器、再熱器の蒸気温度は変らないが、運転圧力で約 25%，蒸発量で約 70%，それぞれ 75 MW 級ボイラに比較して増加しており、より高圧大容量の本ボイラを支障なく高性能で運転できるよう種々の配慮がなされている。その仕様は第 1 表のとおりである。

使用燃料は

(1) 石 炭

乾炭高位発熱量.....5,000 kcal/kg
湿炭高位発熱量.....4,650 kcal/kg
湿炭低位発熱量.....4,400 kcal/kg
表面水分.....7.0 %
灰軟化温度.....1,149℃
固有水分 } 3.0 %
灰 分 } (分析値...乾炭基準) 33.5 %
揮 発 分 } 29.0 %
固定炭素 } 34.5 %
硫 黄 分.....2.0 %以下

(2) 重 油

種 類.....C 重油
高位発熱量.....10,000 kcal/kg
低位発熱量.....9,480 kcal/kg

第 1 表 計 画 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	390,000	435,000	390,000	435,000
蒸 気 胴	kg/cm ² g	137.0	139.5	137.0	139.5
過 熱 器 出 口	kg/cm ² g	130.2	131.0	130.2	131.0
再 熱 器 入 口	kg/cm ² g	30.0	34.0	30.0	34.0
再 熱 器 出 口	kg/cm ² g	28.8	32.6	28.8	32.6
蒸 温	℃	541	541	541	541
再 熱 器 出 口	℃	541	541	541	541
汽 罐 効 率 (高位)	%	88.73	88.62	87.12	87.00
汽 罐 効 率 (低位)	%	93.60	93.48	92.07	91.94
給 水 温 度 (節炭器入口にて)	℃	234	241	234	241
石 炭 消 費 量 (乾炭)	kg/h	—	—	60,440	66,020
石 炭 消 費 量 (湿炭)	kg/h	—	—	64,990	70,980
石 炭 発 熱 量 (乾炭高位)	kcal/kg	—	—	5,000	5,000
石 炭 発 熱 量 (湿炭低位)	kcal/kg	—	—	4,400	4,400
重 油 消 費 量	kg/h	29,670	32,400	—	—
重 油 発 熱 量 (高位)	kcal/kg	10,000	10,000	—	—
重 油 発 熱 量 (低位)	kcal/kg	9,480	9,480	—	—

比 重.....0.98 (15/4℃)
粘 度.....レッドウッド 600 以下
(温度50℃にて)

凝 固 点.....10℃
硫 黄 分.....2.5 %
水 素 分.....9.6 %
残 留 炭 素.....10 % 以下
灰 分.....0.1 % 以下
水 分.....1 % 以下
反 応.....中性
引 火 点.....80℃以上

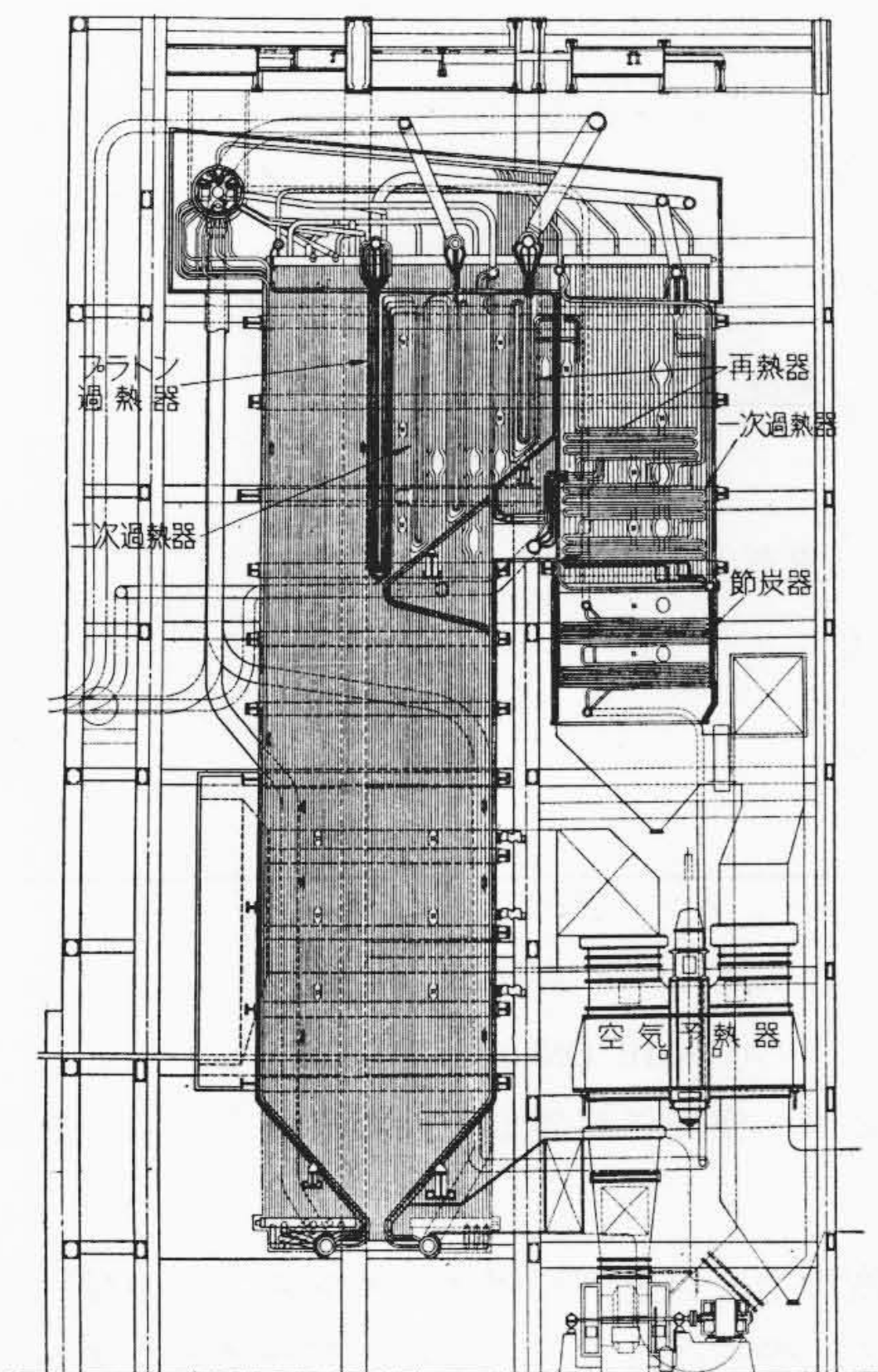
第 1 図に本ボイラの組立断面図を示す。

3. ボイラ 構 造

3.1 ド ラ ム

ドラムは自然循環のボイラでは、給水や罐内処理液を均一に注入し、罐水の循環や汽水分離を効果あらしめるいわゆる内部装置を設け、さらに安全弁や水面計などの各種付属品を取り付けるなどの重要なものであり、スベ

* 日立製作所日立工場



第1図 東京電力株式会社納品川火力発電所
435 t/h ボイラ断面図

ースも相当に要求されるので、本ボイラのように高温高压大容量のものは、いきおい高抗張力の厚肉の板を使用せねばならない。したがって曲げ、絞り、溶接なども格段の技術が必要となり、各部の構造も従来の皿形鏡板や楕円人孔をやめ、半球形鏡板や丸形人孔を採用して肉厚の減少、応力の均一化をはかり、ノズル類の取付けも厚肉胴の起動停止時の熱膨張の不同を考慮した設計となっている。ドラムは内径 1,524 mm、全長 16,340 mm、胴厚 125 mm の全溶接で 66 個のサイクロン式汽水分離器が設置されており、その効果は幾度か詳細に報告され、斯界の認めるところであるので省略する。特に本ボイラは降水管が胴部に開口しているので鏡板部が急速起動時に中央部より温度が低くなって熱応力を生ずるのを防止するため罐水循環バップルを設けるなどして運転の安全性をはかっている。

3.2 火 炉

火炉は管外径 76.2mm で、いわゆるタンゼントチューブの配列であるが、デビジョンウォールと称する炉幅の中央に水管で形成された仕切りを設け、火炉容積に対する冷却面積の増加、および炉幅方向の火炉温度の均一化をはかっている。いまかりに火炉を立方体と考えれば、容積は 3 乗に比例し、周辺の冷却面は 2 乗に比例して増加するわけで、実際の火炉は長方形であるから、これほど極端ではないが、大容量になれば燃焼には十分な容積であっても必要な冷却面積が得られぬ場合があり、これ

を確保しようとすればいたずらに火炉が大きくなり不経済である。デビジョンウォールの採用によりこの問題を解決して、比較的小さな容積に十分な冷却面を配置することができたのである。本ボイラのデビジョンウォールは火炉奥行の約半分の幅で炉の全高にわたり、外径 76.2mm の管をタンゼントに配列しているが、両側から熱を受けるので降水管、上昇管を十分配して管の焼損を防止している。

また一般にボイラの火炉出口ガス温度は、バーナの形式、配置によっても異なるが、炉幅方向で差があり、中央部は高く両側は低い。この温度差は炉幅の増加とともに増大するが、デビジョンウォールを入れることにより当然火炉出口ガス温度の差は減少する。過熱管の温度が 500~600°C 近くなると、管壁温度の増加に対する管の抗張力の低下の度合がはなはだしいので、火炉出口の平均ガス温度より著しく高い部分では過熱管の寿命に影響し、また管群へのスラッキングの恐れがあるので、デビジョンウォールを設けたことは、もともと火炉前面に一樣に配置された水平バーナをもつ本ボイラが炉幅方向のガス温度差の少ない特性とあいまって安全な運転が期待される。

火炉を構成するチューブ、炉材、保温材、ケーシングなどの構造は従来と同様であるので詳細は省略するが、この完全な箱体となった火炉は熱膨張による無理がまったくないので、ボイラの寿命や運転性能にすぐれていることはあらためて強調するに値しよう。

降水管は第1図にみるごとく内径 450φ の大口径管 4 本がドラムに直接溶接され、それらが下部水冷壁ヘッドの両端に溶接されて連絡しているという大胆簡明な設計であるが、大口径肉厚管の曲げや溶接などの加工に対する試作研究や十分な設備、経験によってこの経済的で能率のよい形式が採用できたのである。

火炉を主体とするボイラ全体は前述のごとく完全な箱体を形成し非常に強固なものであるが、ボイラの高さが 40m にもなり、全体を天井から吊下げている関係上、地震による振れを防止するサイズメツィクタイを要所に配している。固定した建家と運転休止のたびごとに伸縮するボイラとを連絡するためピンジョイントを使用し、バックステイへの取付箇所を考慮して、たくみに無理の生じない構造としている。

3.3 過熱器および再熱器

プラントの熱効率をあげるため蒸気の温度はますます上昇する傾向にあり、過熱器再熱器での吸収熱量の割合はそれにつれて増加し、本ボイラでは全体熱量の 42% に及ぶので、これらの位置は必然的に火炉側に移動してゆくわけで、その度合についてはボイラの構造上の制約、経済性などより検討すべきで一律に論じられぬが、本ボ

イラでは火炉天井部を輻射過熱管とし、さらにプラトン形過熱器を火炉に配置している。

プラトン形過熱器とは、過熱管を密着させて細長い板状の伝熱面を作り、これを炉幅方向に広いピッチで火炉上部に配置したもので、間隔が広く両側より熱をうけるため、スラッキングや熱によるひずみの心配がなく、したがってサポート類も必要なく、対流形過熱器との連絡もヘッドなしでスムーズに行われるという利点がある。

ドラムからの蒸気の流れは前部ケージ管、火炉天井輻射管、後部ケージ管、一次過熱器、プラトン形過熱器、二次過熱器の順でタービンに連絡するが、これらの配置は二次過熱器と一次過熱器の間に再熱器を置く、いわゆる直列式配置である。プラトン形を含む二次過熱器は平行流吊下形、再熱高温部は対向流吊下形、再熱器低温部一次過熱器は対向流横置形であり、再熱器、一次過熱器はすべて蒸気管で形成されているケージ内におさめている。

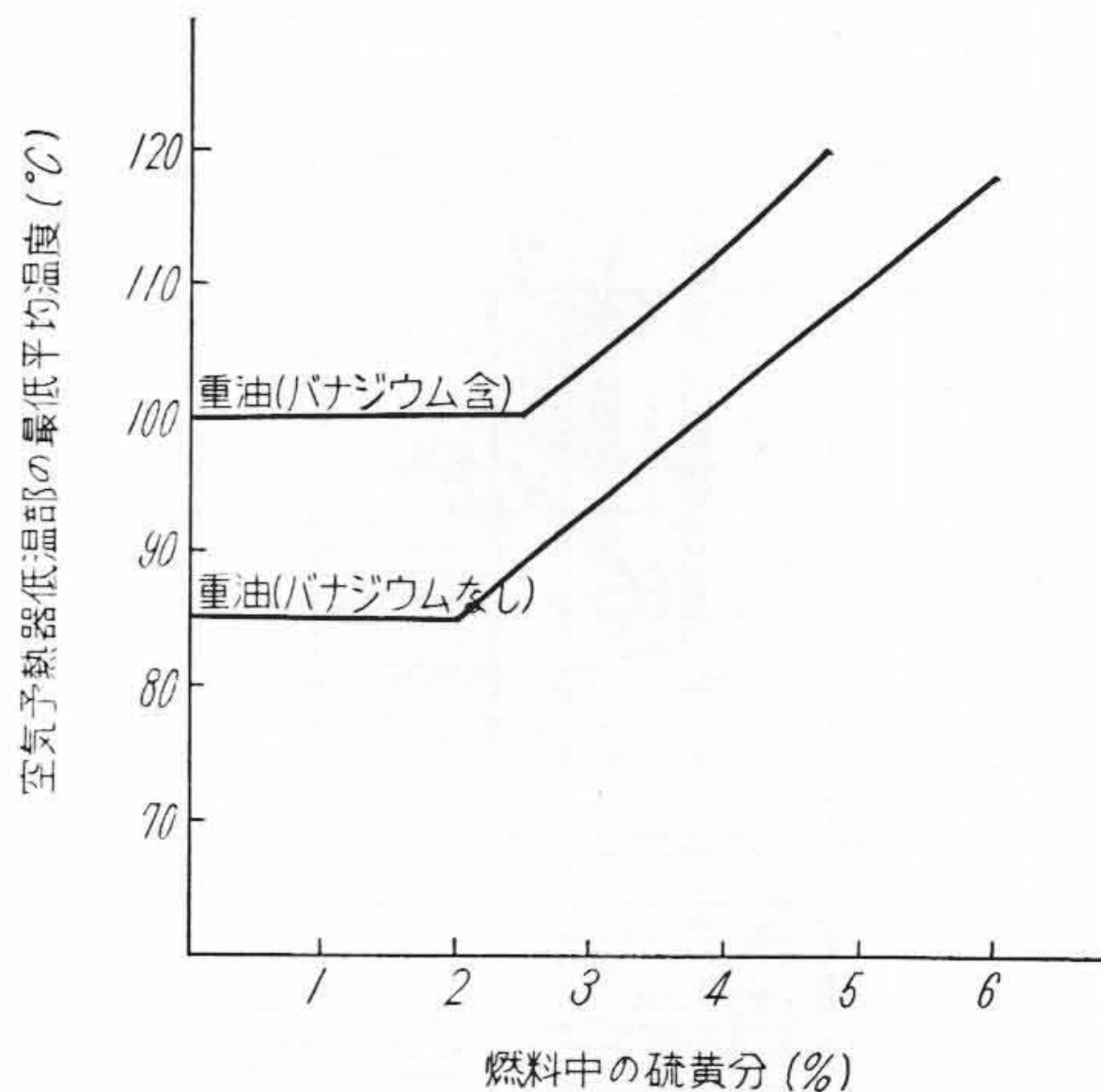
管類はケージ部は76.2mm、天井輻射部および吊下部はすべて50.8mm、横置部は63.5mmの管を使用し、その温度に応じてSTB-35, 39, 42C, 42G, 42Dなどの材質のものを適用している。

ケージ部横置形の各群の上部両端には、ケージ管と水平管との隙間をガスが高速で通過し（管群の抵抗に相当するだけの速度増加がある）燃焼ガス中の灰分により管が摩耗するのを防止するためのバッフルが設けられている。過熱蒸気温度および再熱蒸気温度の調整は再熱蒸気温度をガス再循環により調整し、過熱蒸気温度はスプレイ減温器で調整して両者を設定値に合致させるものであるが、直列式配置の蒸気温度調整に関してはすでに詳細に報告されているので省略する。

3.4 節炭器および空気予熱器

プラント効率の向上につれて給水温度が高くなり、したがって節炭器の外部腐蝕も自然解消し、一方給水はますます嚴重に処理され内部腐蝕の心配もなくなり、鋼管製のマルチループ形が支障なく運転されるようになり、本ボイラも63.5mm管のスペースファクタのよいショートベンドマルチループ形が採用されている。

節炭器部分が比較的燃焼ガスの高温部分に設置された結果、低温ガス部の腐蝕の問題はもっぱら空気予熱器以後の部分に残されるようになった。空気予熱器はスペースファクタのよい高能率のユングストローム形を採用し加熱エレメントは三段に区切られ、最下段の低温部は耐腐蝕性の強い、コーテンで製作され、かつ簡単に交換できるバスケット形を採用している。また空気予熱器と押込通風機の間には脱気器よりの蒸気をもって空気を加熱するスチームコイルエヤヒータを設置し、空気予熱器入口空気温度と出口ガス温度の平均値を第2図に示すような



(ASME 1953 July, p. 713 による)

第2図 空気予熱器低温部の最低平均温度曲線

推奨温度以上に自動的に保ってエレメントの腐蝕を防止している。煙道にはガナイトを内部ライニングとして使用し直接鋼板が燃焼ガスに触れぬよう注意している。

また空気予熱器の閉塞を防止するためスートブロワが設置されているが、さらに完全を期する意味で汽罐停止時に水洗いによってエレメントの清掃が行えるようにウォッシング装置を設けている。

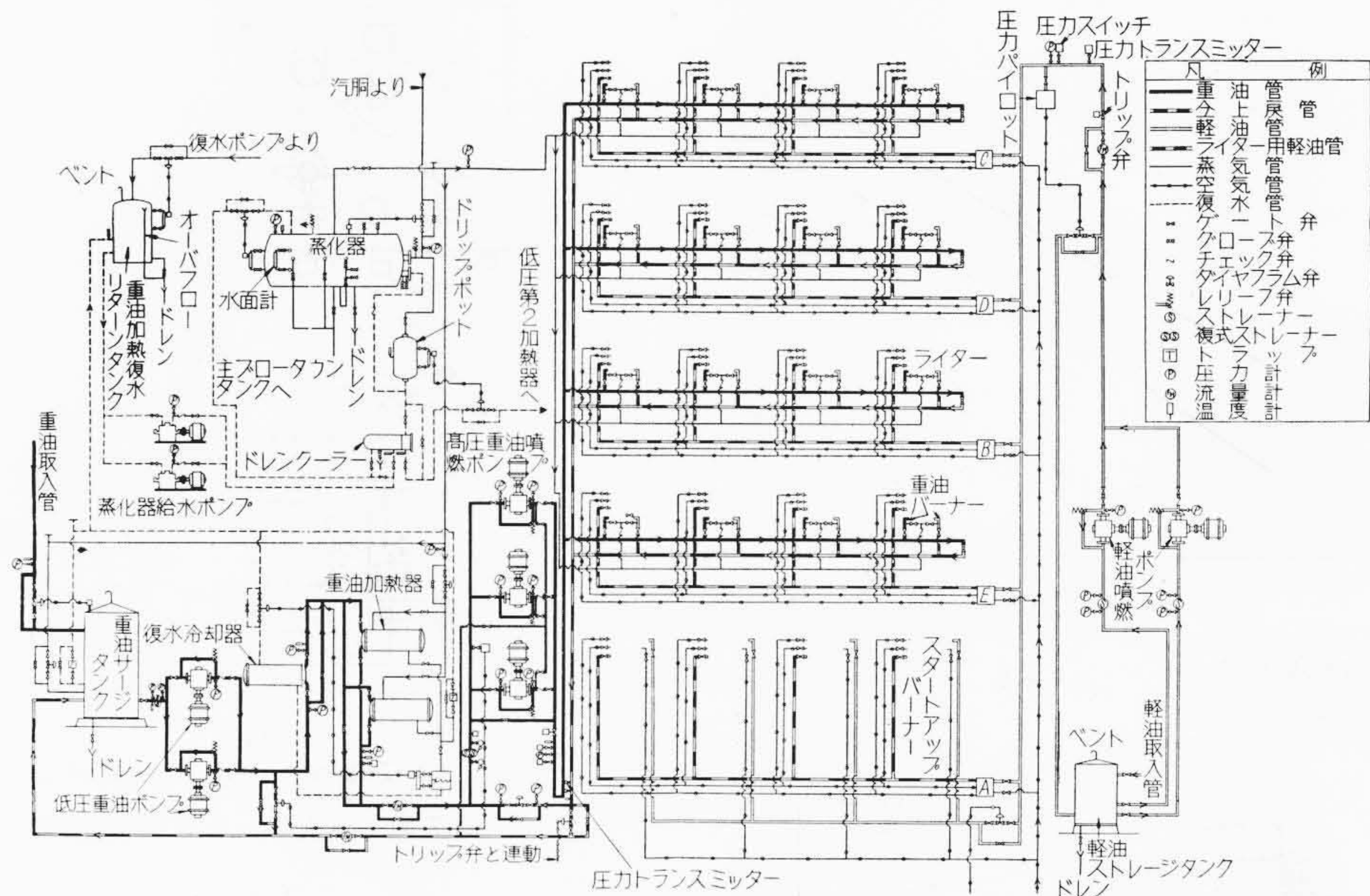
空気予熱器の駆動はモータであるが、万一故障の場合は自動的にエヤモータに切り換えられて、性能に影響ない回転数で運転が続けられる。

4. 汽 罐 補 機

4.1 重油燃焼装置

本ボイラはさきに述べたように、重油または微粉炭で出力125MWの運転可能な設計であるが、特に重油専焼という面から燃焼装置は次の諸点に考慮を払った。

- (1) バーナの出力調整範囲の広いB&Wワイドレンジ、リターンフローアトマイザを採用した。
- (2) 従来使用されたC重油よりも高粘度のR. W. No. 1 1,500秒まで使用できるようヒータ類を計画した。
- (3) 重油の加熱は間接加熱方式(エバポレータ式)を用い重油加熱蒸気の系統をプラントのメインサイクルから切り離し、万一重油加熱器で油漏れがあってもボイラ給水系統に影響ないようにした。第3図重油燃焼装置系統図に示すようにエバポレータよりの発生蒸気でサージタンクおよび重油加熱器の加熱を行い、復水はふたたびエバポレータへもどり、この系統は他系統に蒸気または復水を供給しない。エバポレータの加熱蒸気はドラムよりの減圧蒸気を使用し、復水はなんら



第3図 重軽油燃焼装置系統図

重油に汚染されることなく低圧第二加熱器へ送られる。

(4) 起動時の低温部腐蝕の悪条件を防止するために軽油の起動専用空気噴射アトマイザを装備し約 10,000 kW の負荷をもたせられる。重油加熱蒸気は軽油による起動時に自給できる。

第3図は重軽油燃焼装置の系統を示す。

バーナは5段に分けられ、1段に4組のバーナを配置し上部4段は重油バーナ、下部1段は起動用軽油バーナで各バーナにそれぞれ自動点火バーナを併置してある。重油バーナおよび起動用バーナは微粉炭用サーキュラバーナに挿入してある。

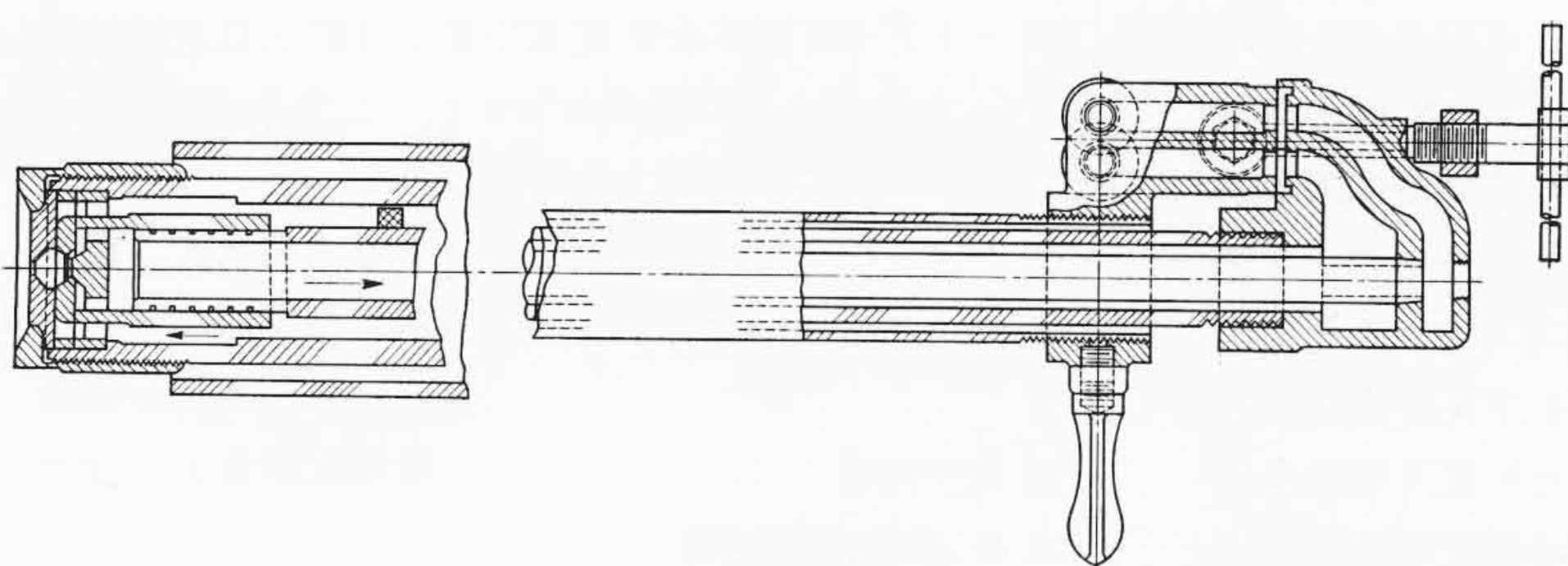
B&W ワイドレンジ、リターンフローバーナは第4図に示すように、供給油は内筒と外筒の間を通りスプレーヤープレートの切線溝により旋回運動を与えられ、旋回室を経て噴射される。戻油は旋回室から内筒を経て排出される。戻油量は必要噴射量に応じ戻管に設けられた

A. C. C. 調整弁により制御される。このバーナは燃焼油量の多少にかかわらず一定量の油を供給し、戻油で噴射量を調整するので切線溝を通る油速は常に一定で、したがって旋回室における旋回力も一定であるので、広範囲の出力にわたり噴霧状態が変らず良好な燃焼が得られるのが特長である。戻油管の調整弁の制御による供給油、戻油の圧力変化を第5図に示す。

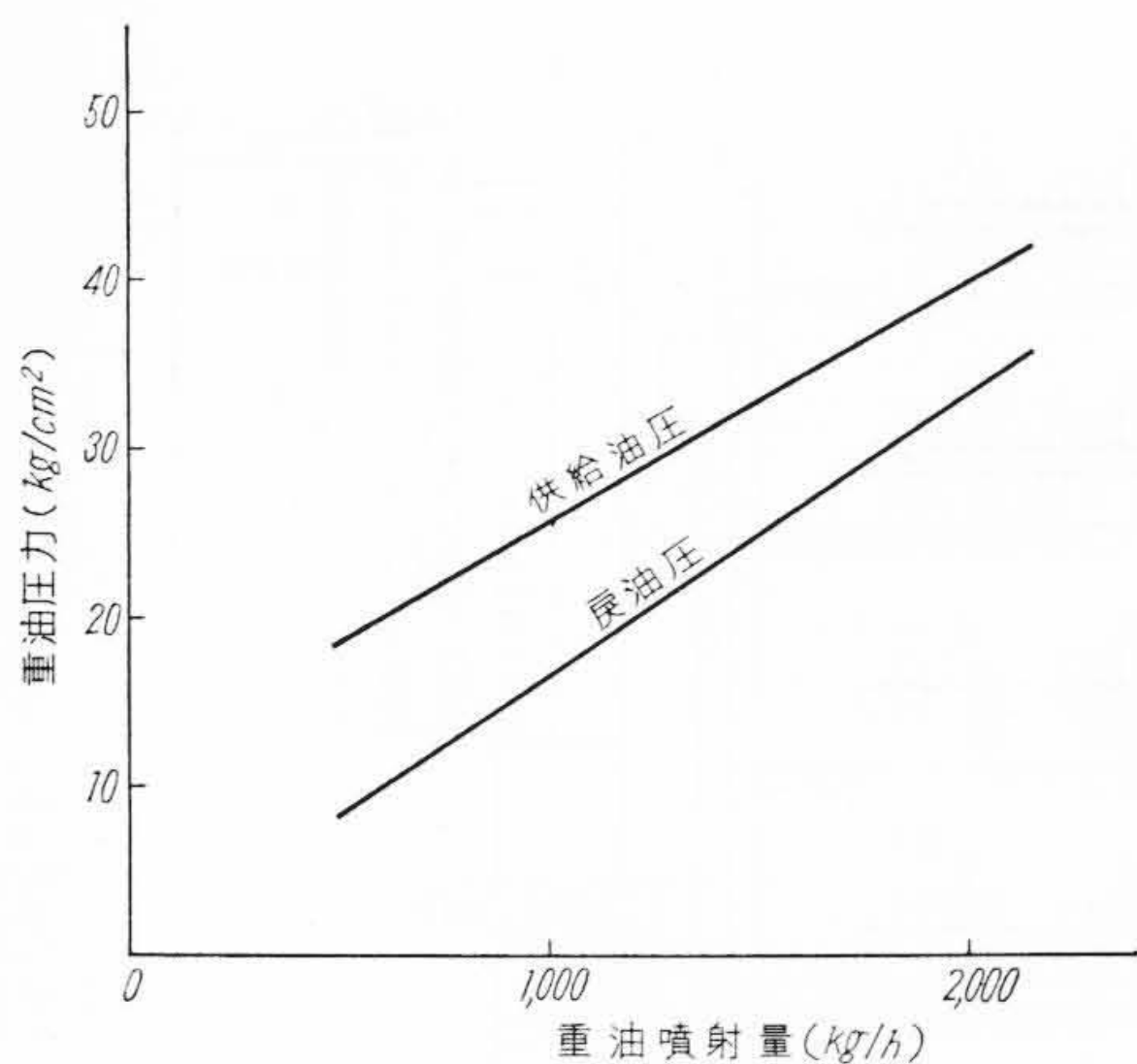
起動用空気噴射式Yジェットバーナは、従来75MW級のボイラに使用された蒸気噴射式Yジェットバーナとまったく同じで、蒸気の代りに空気を使用したもので、空気圧力は7 kg/cm²g、所要空気量は噴射軽油重量の10%である。

点火バーナは第6図のように重油バーナの上部に取り付けられ、点火時には図の位置まで進み使用しないときは後退する。このバーナはアトマイザ、電気着火装置および前後進機構から成り、バーナ1個または数個を同時に作動しうる操作箱がある。本ボイラでは各段ごと4組の点火

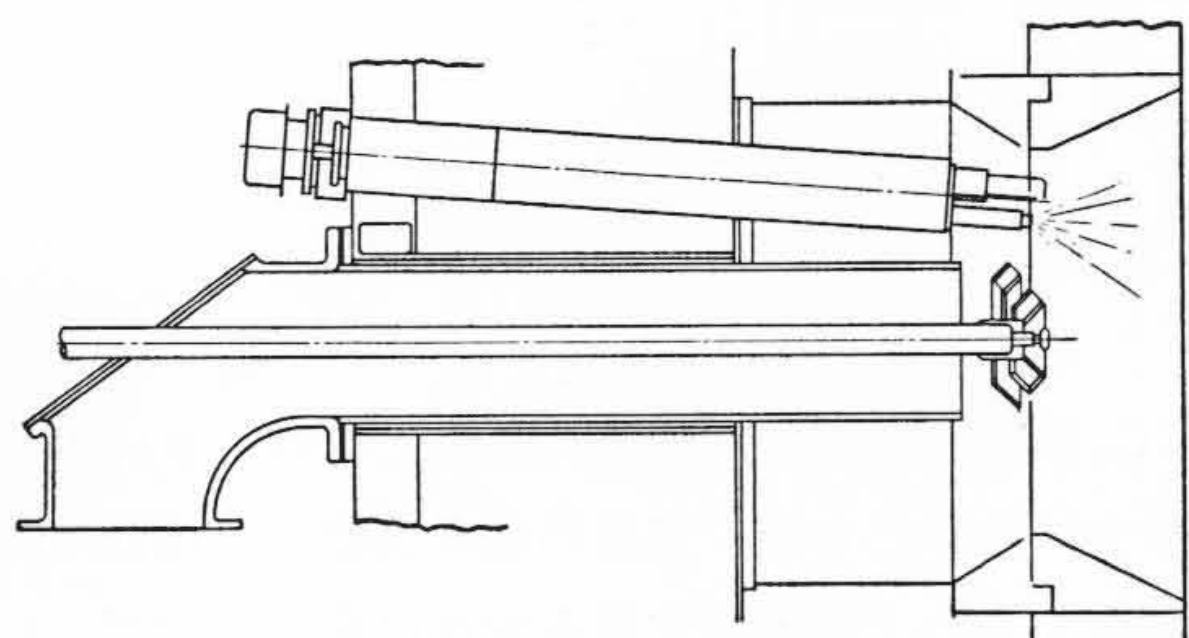
バーナを同時に一つの操作箱で作動できる。アトマイザは圧力噴射式で、油圧 10.5~21 kg/cm² の軽油を使用する。電気着火装置は第7図に示すように、変圧器でAC 220V を10,000V に昇圧し、アトマイザの先にのぞかせた点火栓から火花を飛ばせて軽油噴霧に着火する。前後進はエヤシリンダに3.5~7kg/cm²の圧



第4図 B & W ワイドレンジ、リターンフローバーナ

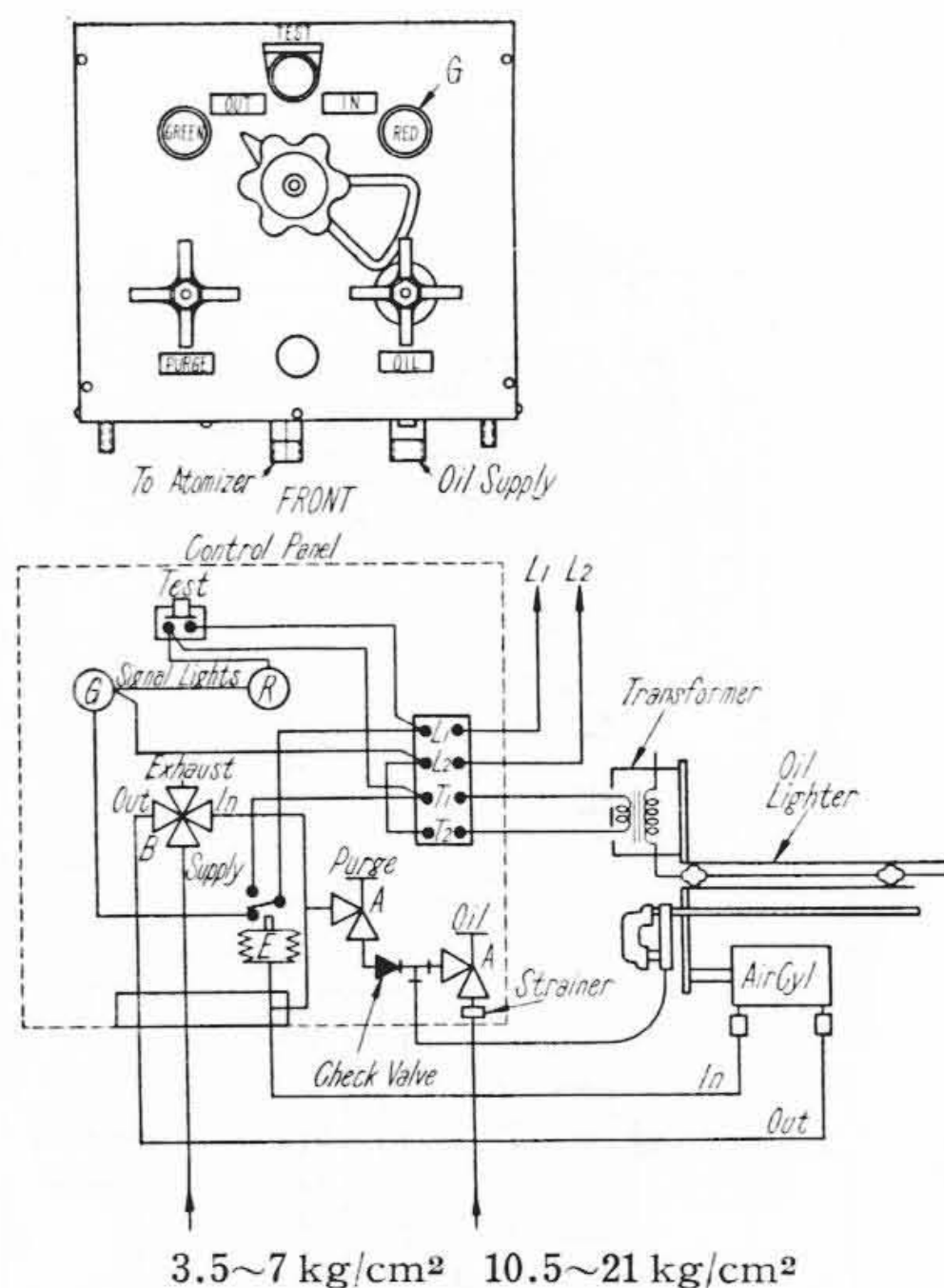


第5図 B&W ワイドレンジ，リターンフローバーナ特性曲線

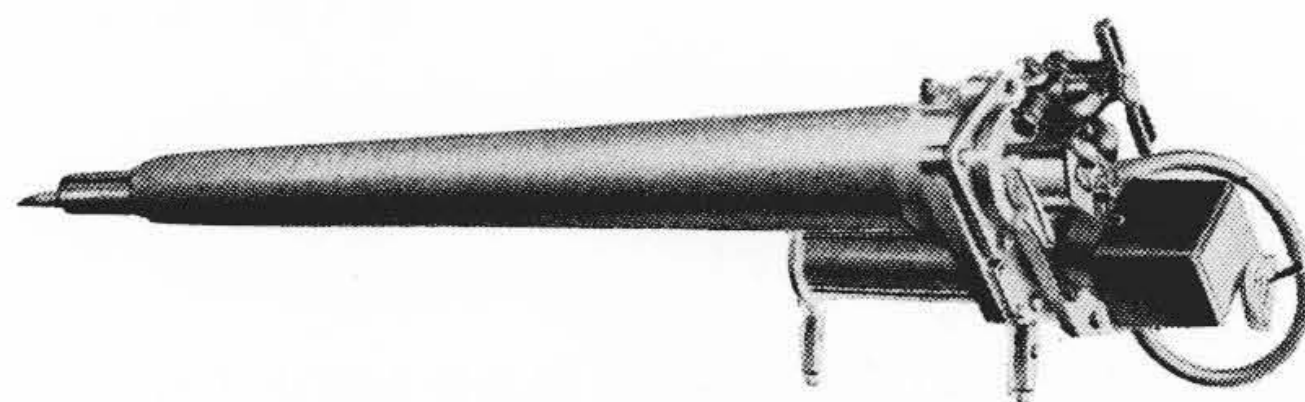


第6図 点火バーナ取付図

縮空気を送り，ピストンロッドに取り付けられたアトマイザおよび着火装置を移動させる。操作箱には第7図の点線で囲まれた部分が収められており， L_1 ， L_2 を220V AC電源につなぐ。点火バーナが後退しているときは，④ランプがついているが③の4方弁の把手をINにまわすと圧縮空気がエヤシリンダのINに作用し，アトマイザおよび着火装置を火炉側へ移動せしめると同時に，圧力スイッチEにも圧縮空気が作用し接点を切り替えるので，変圧器の一次側に電流が流れ火花が発生する。接点の切り替えにより④が消え③が点灯され，バーナが使用位置にあることを示す。次に①油弁を開くとアトマイザに軽油が供給され点火する。点火バーナを後退させる場合は，①油弁をしめ，パージ用②弁を開きアトマイザに圧縮空気を送り，残った油を清掃してからパージ用②弁をしめ，4方弁③をOUTにするとエヤシリンダのIN側の空気が大気に通じOUT側に圧縮空気が供給されるのでピストンが左方へ移動し，バーナが後退する。エヤシリンダのIN側の管系が大気圧になるので，圧力スイッチが変圧器の一次側の電源を切るので火花も停止する。点火バーナが前進しないうちに給油することのないように油弁①と4方弁③は機械的にインターロックされている。第7図は操作箱1個とバーナ1個の組合せであるが，バーナ



第7図 点火バーナ作動説明図



第8図 点火バーナ外観

の数が増えた場合は油管，空気管をそれぞれのバーナへ分岐する。本ボイラは1個の操作箱で4個のバーナを操作する計画であるがアトマイザおよびエヤシリンダ入口の弁をしめることにより任意の点火バーナを作動させることもできる。アトマイザの噴射量は180~250kg/h，パージ用空気量は0.16 m³/min 数分間使用する。

4.2 微粉炭燃焼装置

新東京火力発電所，千葉発電所などに納入したものと同一EL-70ミル5台を設置し，特に給炭系統の石炭詰りを防ぐために，給炭機の制御を従来の高速，低速，停止の代りにPIV無段変速機を使用し給炭機のON-OFFを避けた。

4.3 スートブロワ

スートブロワはB&W電気作動全自動式蒸気噴射形を使用し，単独および連続操作はすべて自動的に行われる。各伝熱面に次のように配置されている。

火 炉	単噴孔引込式	12台
二次過熱器，一次過熱器，再熱器，節炭器		
	長引込ラック式	24台
空気予熱器	単噴孔移動式	2台

4.4 自動制御装置

ベーレミニライン方式を採用し，燃焼，給水，蒸気温

度、微粉炭機出口温度および重油温度制御装置より構成されすでに 75 MW 級に使用されたものと同様である。そのほかドラムの温度測定装置、過熱管、再熱管の管壁温度測定装置、給水の pH 計、燃焼ガス O_2 計、および蒸気純度計などを備え運転操作ならびに監視に万全を期している。

5. 結 言

以上 435 t/h 再熱ボイラならびに補機の仕様の概要、

設計、構造上の特長を紹介したが、近く運転開始されるのでその運転実績については、また稿をあらためて発表の機会が与えられることと思う。将来ボイラ用重油は直溜重油より分解重油に進む傾向にあり、また近東方面よりの原油輸入の増加に伴い含有硫黄分も増すものと考えられるので、高温、高圧、大容量の本ボイラの重油専焼時における運転実績を詳細に検討し、今後の重油焚きボイラの発展に資したい。

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3)

(第18頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	485761	交 流 電 気 機 関 車	日立工場	滑 川 清 前 川 愛 一	33.12. 9
"	485776	電 動 機 の 定 ト ル ク 制 御 装 置	日立工場	泉 千 吉 郎 岩 城 秀 夫	"
"	485777	自 動 電 圧 調 整 装 置	日立工場	藤 本 勝 美 齊 藤 奎 二	"
"	485778	定 電 圧 制 御 装 置	日立工場	藤 本 勝 美 齊 藤 奎 二	"
"	485780	電 磁 的 負 荷 の 主 回 路 開 閉 制 御 装 置	日立工場	佐 川 伊 知 夫	"
"	485788	巻 上 電 動 機 の 減 速 運 転 機 制 御 装 置	日立工場	浜 島 甫 修	"
"	485791	巻 上 電 動 機 の 減 速 運 転 制 御 装 置	日立工場	田 附 昌 隆	"
"	485795	棒 材 走 間 剪 断 機	日立工場	角 谷 昌 章 一 和	"
"	485734	屋外用並設キュービクルの屋根板接続装置	国分工場	近 藤 正 卓 郎	"
"	485735	照 光 標 示 盤	国分工場	安 藤 井 好 延 恕	"
"	485736	変 圧 器 油 汙 過 装 置	国分工場	金 内 義 忠 清	"
"	485745	遠 方 点 滅 表 示 装 置	国分工場	滑 川 正 一 郎	"
"	485719	取 鍋 湯 量 測 定 装 置	水戸工場	池 田 瀬 益 雄	"
"	485744	車 輜 制 動 靴 取 付 ピ ン 止 装 置	水戸工場	門 本 繁 三	"
"	485789	真 空 鋳 造 装 置	水戸工場	坂 本 野 亥 石 夫	"
"	485704	箱 型 窓 停 止 金 具	笠戸工場	高 野 橋 明 節 夫 男	"
"	485718	内 燃 車 輜 に お け る 歯 車 駆 動 装 置	笠戸工場	齊 安 藤 原 節 亘 夫 男	"
"	485720	車 輜 底 扉 鎖 錠 装 置	笠戸工場	森 脇 原 斌 和 夫 男	"
"	485721	自 在 接 手	笠戸工場	藤 井 健 一 郎	"
"	485722	両 側 開 閉 蓋 装 置	笠戸工場	浜 大 原 木 正 久 男	"
"	485763	動力車における連結棒給油部の防塵装置	笠戸工場	大 藤 岡 谷 多 喜 男	"
"	485768	ド ラ ム ブ レ ー キ	笠戸工場	武 居 一 人	"
"	485772	対 抗 設 置 原 動 機 用 逆 転 歯 車 装 置	笠戸工場	村 田 師 男 人	"
"	485773	対 抗 設 置 原 動 機 用 逆 転 歯 車 伝 動 装 置	笠戸工場	小 片 岡 光 博	"
"	485796	台 車	笠戸工場	片 岡 光 博	"
実用新案	485703	検 流 器	亀有工場	村 小 橋 正 男 人 井 舟 上 木 啓 三 郎	33.12. 9

(第41頁へ続く)