

北海道電力株式会社納

## 砂川第二発電所用単胴輻射型ボイラについて

三代勘三郎\* 成田恒雄\*\*

Single-Drum Radiant Type Boiler Delivered to Sunagawa No. 2  
Power Station of Hokkaido Electric Power Co., Ltd.By Kanzaburō Miyo and Tsuneo Narita  
Babcock-Hitachi, Ltd.

## Abstract

The 170 t/h, 63 kg/cm<sup>2</sup>G, 490°C boiler, delivered to the Sunagawa No. 2 thermal power station of the Hokkaido Power Co., Ltd. now under construction, is the first type of its kind to be made in this country. The main characteristics of the boiler are given below.

A perpendicular intertube burner was attached to the single-drum radiant type boiler in order to give it sufficient flame-travel, and to reduce the volume of unburned fuel. Also, a B & W type water immersed ash hopper was equipped on the boiler to completely prevent the entry of surplus air. In short, the boiler is designed to maintain the highest possible efficiency. A complete central control system is attached to the boiler, and this equipment controls the adjustment, normal and emergency operations of the main machinery and equipment. Moreover, in order to make possible the observation of furnace combustion conditions, interior water level, and smoke pipe gas density, an industrial TV unit is equipped to the boiler. The boiler is also designed to make easy the maintenance, inspection and reduce manpower considerably with the aid of Bailey ABC which had been adopted for the boiler.

## 〔I〕 緒 言

今般北海道電力株式会社砂川第二火力発電所第一号罐の受注を見、その設計製作も終り組立工事も大半を終了せる段階に至つたので、この機会に我国最初の新型形式を採用したこの汽罐について、その構造および性能の大略を述べて見たいと思う。

## 〔II〕 計 画 の 概 要

第1図(次頁参照)は汽罐全体組立図を示す。この計画の仕様はつぎの通りである。

## 仕 様

## 経 済 負 荷

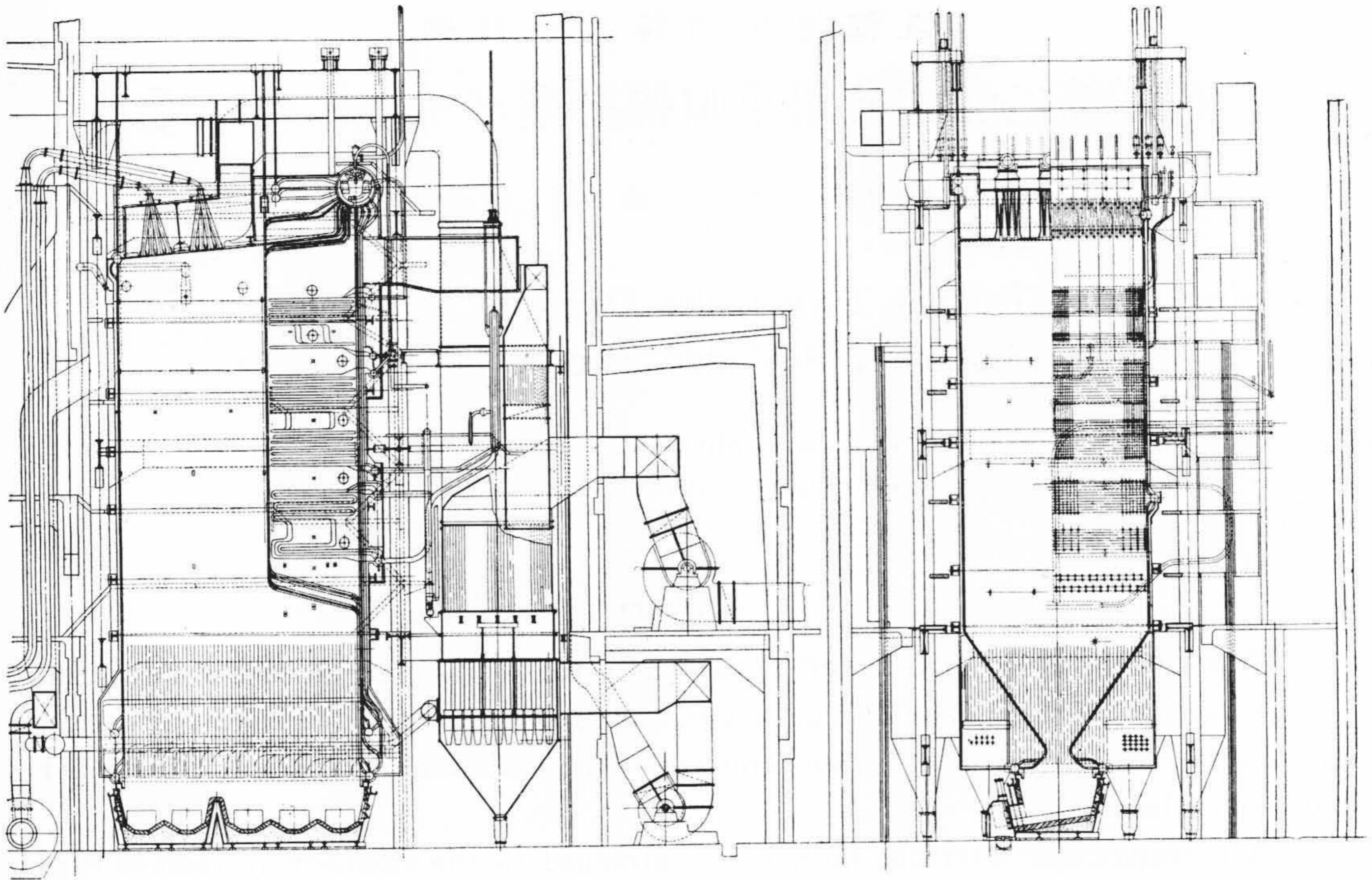
蒸 発 量.....130,000 kg/h  
蒸気圧力(過熱器出口において).... 63 kg/cm<sup>2</sup>G  
蒸気温度(過熱器出口において)..... 490°C  
汽 罐 効 率..... 89.7%

## 最大連続負荷

蒸 発 量.....170,000 kg/h  
蒸気圧力(過熱器出口において).... 63 kg/cm<sup>2</sup>G  
蒸気温度(過熱器出口において)..... 490°C  
汽 罐 効 率..... 89.0%

汽罐設備の設計に当り、特に考慮を払つたところは次記の諸点である。

\* \*\* バブコック日立株式会社



第1図 汽 罐 組 立 図  
Fig.1. General Arrangement of Boiler

- (1) 斬新な構造の採用により、従来より非常にスペースファクタを良くし、小さく纏めたこと。
- (2) 垂直バーナを火炉天井に設けて火焰に十分なトラベルを与え、かつ揮発分の少い石炭に対しても途中より三次空気を与えることにより微粉炭の十分完全な燃焼を行い未燃損失の減少をはかったこと。
- (3) 炉壁を特殊構造にして輻射損失の減少を計るとともに B & W 式永浸式アッシュホッパを採用して過剰空気の侵入を完全に防止するようにしたこと。
- (4) 冬期における北海道の石炭事情を考慮し、その湿分の増加に対し特に有効な B & WE 70 ミルを使用したこと。
- (5) 完全な中央制御方式を採用し主要機器の調整操作、非常事態の処理はすべてこの中央室において行いうるようにしたことと、火炉における燃焼状態、汽胴内の水位および煙道ガス濃度を監視するため、中央室に工業テレビを設置したこと。これらにより操作保守点検を容易にし、極力人員の節約を計ったこと。

〔III〕 設 備 の 概 要

ボイラならびに附帯設備の概略仕様は次記の通りである。

- (1) 蒸気発生装置  
(日立製作所日立工場製)..... 1基
- (イ) ボイラ本体  
型 式..... B & W 単胴輻射型
- (ロ) 過熱器  
型 式....連続コイルセルフドレイニング型
- (ハ) 蒸気温度調整器..... 1台  
型 式.....スプレー型
- (ニ) 燃焼室水冷壁  
型 式....ベアーチューブホッパーボトム型  
構 造....クローズドピッチタンジェントチューブ
- (ホ) 節炭器  
型 式....連続コイルセルフドレイニング型
- (ヘ) 空気予熱器  
型 式..... B & W 鋼管型
- (ト) 自動給水加減器(ベーレーメータ社製)  
型 式.....ベーレー三要素型
- (チ) スートブロワ(ダイヤモンド社製)  
火 炉 用..ロングレトラクタブル型 2台

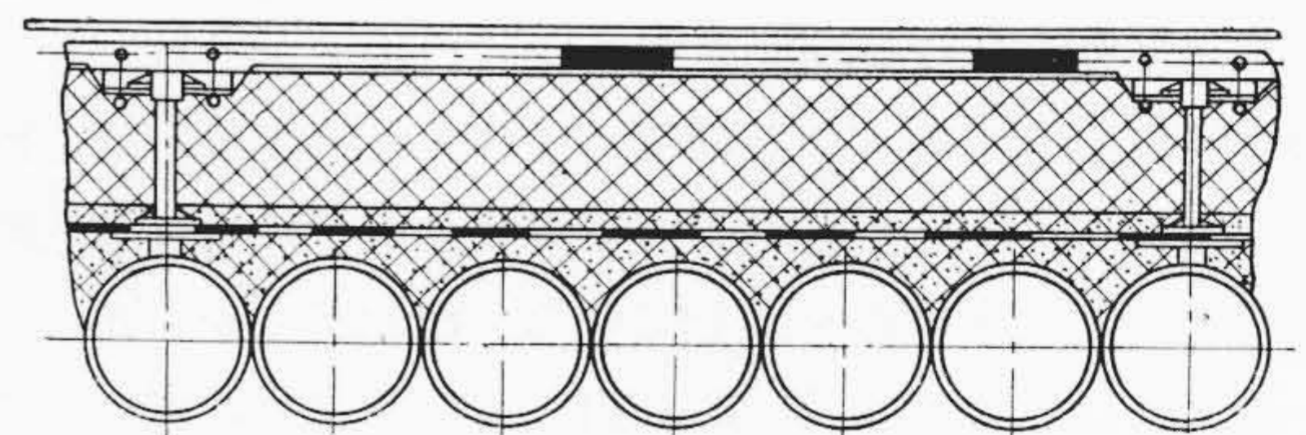
- 二次過熱器用....ロングレトラク  
ダブル型.. 8台
- 一次過熱器用.....固定式多噴口型.... 4台
- 節炭器用.....固定式多噴口型.... 4台
- (リ) パーナ..... 6本  
型式..垂直式インターチューブバーナ
- (ヌ) アッシュホッパ  
型式.....水浸式水圧シリンダ操作式
- (2) 微粉炭装置(日立製作所日立工場製)
  - (イ) 微粉炭装置..... 3台  
型式... 堅型ボールミル (B & WE-70型)  
容量..... 12.4 t/h
  - (ロ) 石炭計量機..... 3台  
型式.....メリック式自動累加秤量型  
容量..... 15 t/h
  - (ハ) 給炭器..... 3台  
型式.....B & W インテグラル 31型  
容量..... 15 t/h
  - (ニ) 粗粉分離器..... 3台  
型式.....マルチブレード型  
容量..... 12.4 t/h
- (3) 集塵装置(日立製作所日立工場製)  
型式.....マルチサイクロン式
- (4) 通風装置(日立製作所川崎工場製)
  - (イ) 強圧通風機..... 2台  
型式..日立 #9<sup>1</sup>/<sub>2</sub>両吸込型ターボファン  
制御方式....電動機の極数変換による速度調整とベーンコントロール方式との併用
  - (ロ) 誘引通風機..... 2台  
型式..日立 #13両吸込型ターボファン  
制御方式....電動機の極数変換による速度調整とベーンコントロール方式との併用
  - (ハ) 一次空気送風機..... 2台  
型式.....片吸込型ターボブロワ  
制御方式.....ダンパーコントロール方式
- (5) 汽罐制御装置(ベーレーメータ社製)  
型式.....ベーレ空気作動式
- (6) 工業テレビ(日立製作所戸塚工場製)  
型式..... R.C.A. 型

〔IV〕 蒸気発生装置の各部構造

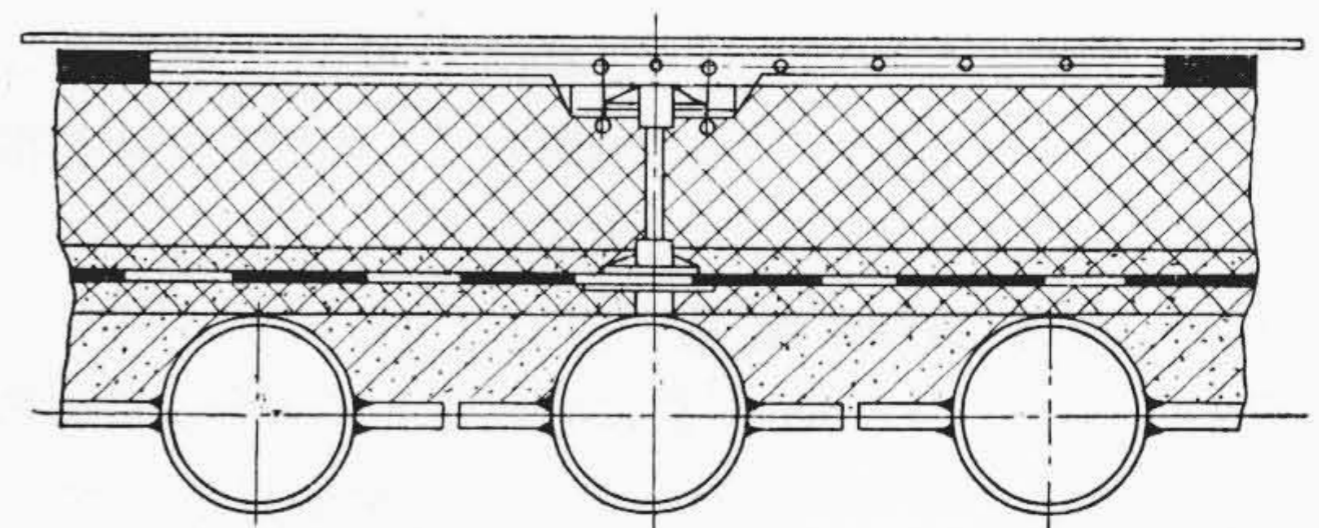
(1) ボイラ本体および火炉構造

ボイラ本体は後部水壁により火炉すなわち輻射伝熱面

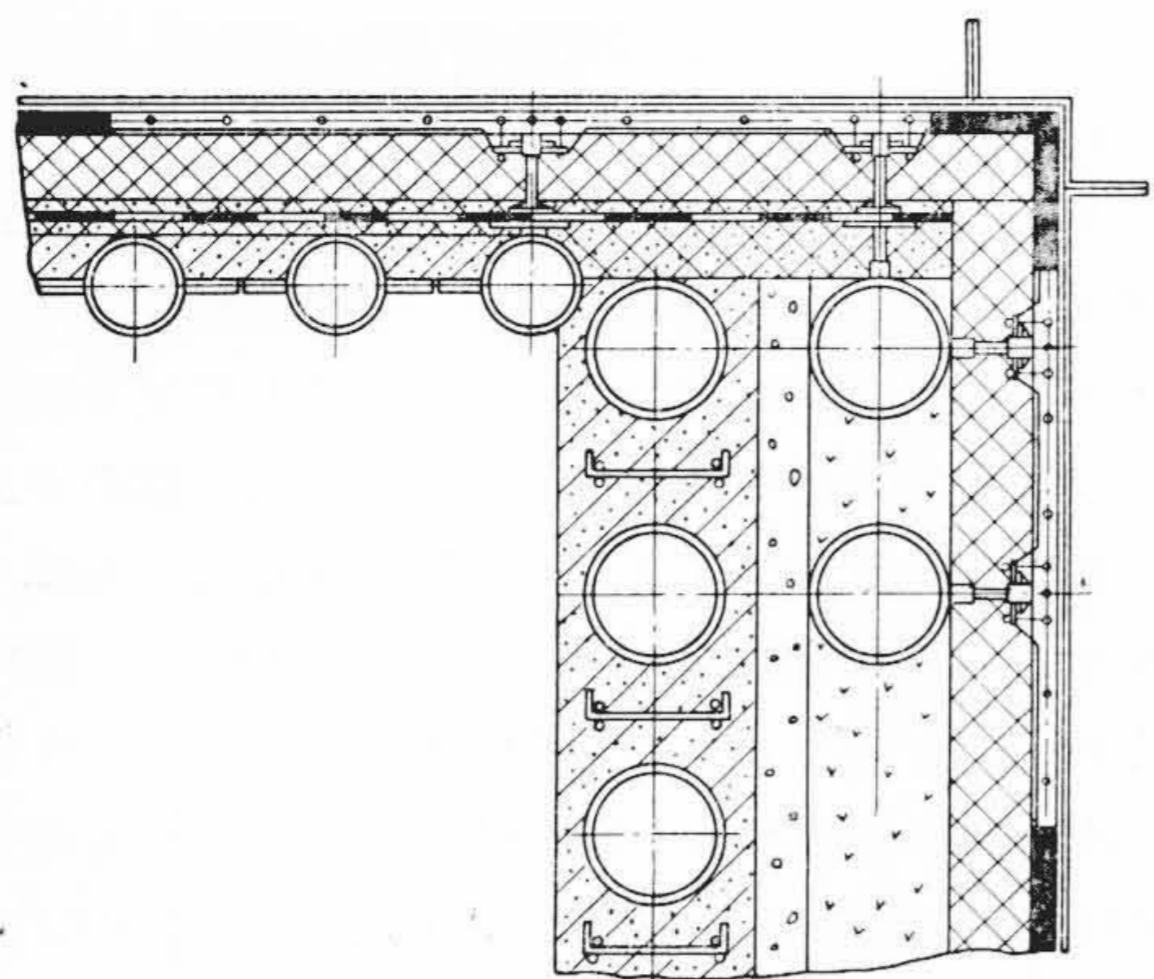
と接触伝熱面に分けられ、接触伝熱部に過熱器、節炭器が配置される構造となつている。燃焼ガスは火炉において上方より下方に流れ、後部水壁下部において形成されるスラグスクリーンを通つて上昇し、二次過熱器、一次過熱器および節炭器の順に通つて、再び下降し空気予熱器に入る。ドラムは60吋内径の単胴でボイラ後上部のガスの流れの外側に配置されドラムの温度はすなわち罐水の温度を示して、点火時均等な罐水循環と相まつて、温度差による熱応力を防止しうるよう考慮している。火炉は指定石炭の灰の溶融温度1,350°Cに依り、しかも還元焰中での灰の起溶温度の低下をも見込んで、火炉出口ガス温度を十分低く設計し、いかなる悪条件下においても、決してクリーンカートラブルなしに連続運転が可能にした。これがため火炉壁は、十分冷却効果の大きい構造が要求され、火炉蒸発管は3吋外径とし、完全に近接せるピッチに配列されたいわゆるタンジェンシャルチューブ配列となつている。これにより投影伝熱面積当りの熱吸収量が多くなり、火炉にてボイラ蒸発量の80%を賄い、一方においては炉壁耐火断熱材の節減をはかつている。これら蒸発管は、下部管寄はボイラ後面に整然と配列された下降管により、上部は、前後壁は直接に、側壁は上部管寄を経て上昇管にてドラムに連絡されており、整然たる罐水循環をはかつている。水壁管はすべて住友鋼管製のHCOを使用している。水壁管は水壁管寄には普通のプロパルシブエキスパンダにより、ドラムにはレトラクティブエキスパンダにより拡管される。レトラクティブエキスパンダは、普通のエキスパンダと、そのマンドリルの勾配が逆になつていて、管の内部より始めて、管



第2図 タンジェンシャルチューブ部炉壁構造図  
Fig.2. Illustration of Furnace Insulation for Tangential-Tube



第3図 スペースドチューブ部炉壁構造図  
Fig.3. Illustration of Furnace Insulation for Spaced-Tube



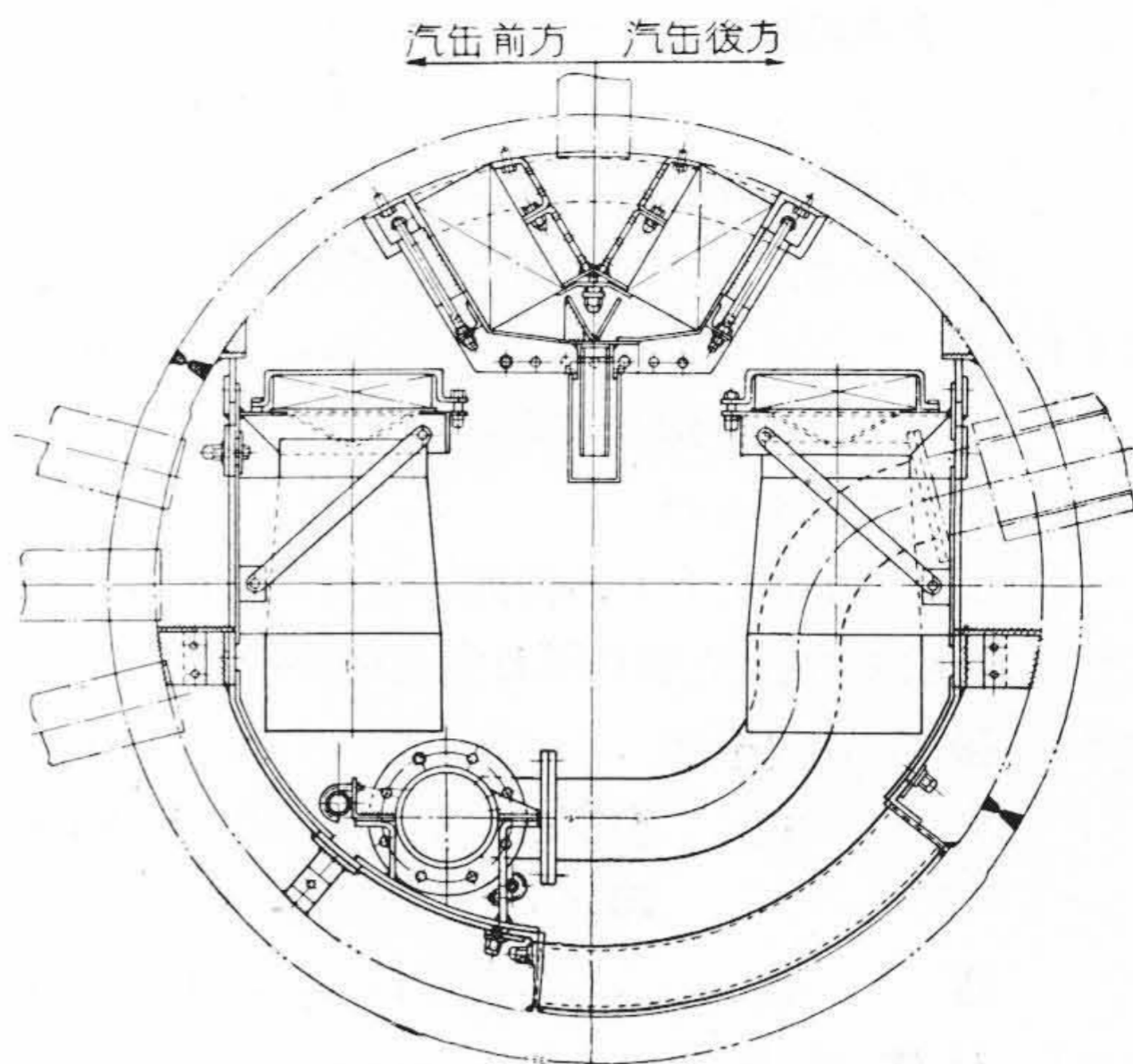
第4図 汽罐後壁部炉壁構造図  
Fig. 4. Illustration of Furnace Insulation for Rear-Wall

端の方向に拡張するもので、チューブシートの厚い場合、管壁および管に無理なく、かつ完全に拡張できる構造になっている。耐火断熱炉材は、第2図、第3図(前頁参照)および第4図に示すごとき構造で、放散熱量を極力小にして、輻射熱損失の減少をはかっている。第2図はタンジェンシャルチューブ配列部の炉壁構造を、第3図は接触伝熱部におけるスペースドチューブの配列部の炉壁構造を示し、管間の隙間には、プレートフィンが溶接されている。第4図はボイラ後部の二列の下降管に炉壁が支えられている構造を示す。またバーナ口周りには、特にチューブにスタッドを溶接して、耐火度および耐磨耗度の高いプラスチッククロムオアを塗り込み使用した。プラスチッククロムオアおよびインシュレーティングコンクリートは特に英国より輸入せる優秀なものである。またボイラ全体は熱膨脹に対し全く自由でなければならぬので汽胴上方の大きな横梁で一体となつて吊下げ、耐火保温材もすべて水壁および下降管に取付けられ運転時は自由な下向き膨脹を許している。なおアッシュホッパー上部には、これらの膨脹を自由にするため、獨特のウォーターシール構造が用いられ、空気の漏入をさけている。

ケーシングはバックステーと称する特殊の控えにより枠をはめられ堅牢に保持されるが、コーナ部の伸は自由にとれる構造になつており、これはB & Wの特許となつている。また地震に対する考慮としての振れ止め装置を高さ方向に2段にわたつて設置した。

## (2) 汽水分離装置

汽胴内部にはB & W特許になれるサイクロン分離器を多数設置して蒸気の純度ならびに乾燥を良くしている。第5図は汽胴内における汽水分離装置を示す。ドラム下側の蒸発管よりの汽水混合物は、バップルに受けられ、すべて両側のサイクロン汽水分離器に入る。その運



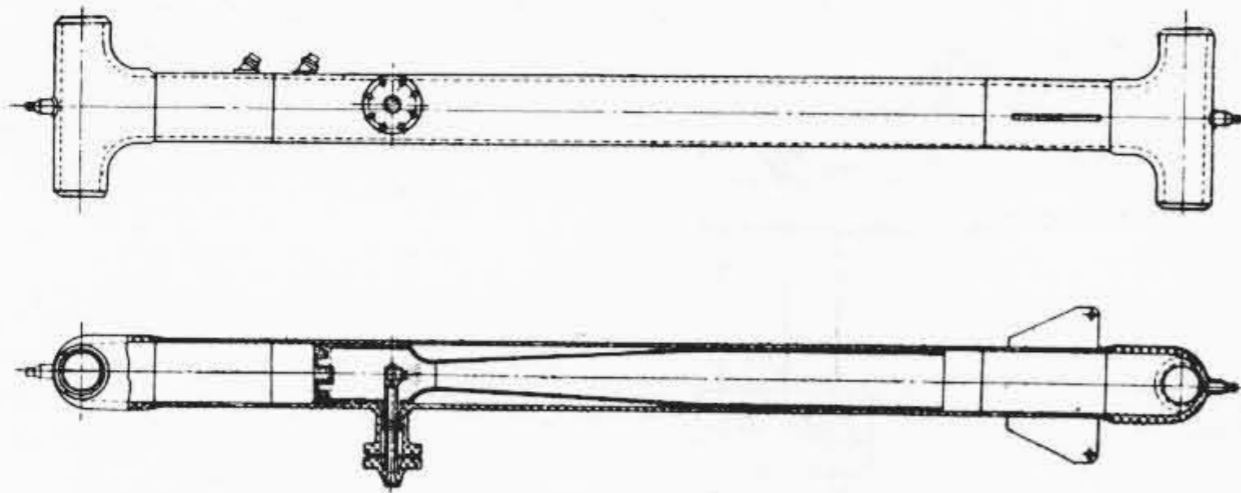
第5図 汽水分離装置  
Fig. 5. Internal Fittings for Steam Purifying

動のエネルギーは、こゝで遠心力に変じ、汽水分離が行われる。分離後の蒸気は分離器上方の多孔板および波板を通りそこで衝突および接触によりさらに良く残余の水滴を回収され、最後にドラム頂部のスクラバーにより分離される。水は下方にベーンを経て渦巻状に流れ罐水と完全に混合するとともに、運動のエネルギーが圧力のエネルギーに変換され、常にサイクロン内部は、ドラム内側より圧力が若干高くなりドラムの水位変動に対しても、その分離効率はいさゝかも影響されない。この方法により、下降管への水は蒸気を混入せず循環用水頭としてきわめて有効となる。またドラム内部における給水管は、罐内に等分布に給水がなされるよう特殊な間隔に穴がつけられている。なお給水管のドラム入口部には、罐水との温度差による熱応力を防ぐためスリーブを入れた。

また罐内のスケールを防止するため、第三磷酸ソーダの投入をミルトンロイ特殊定量ポンプにより行っている。このポンプは、ボールバルブの作用による定量吐出ポンプで、アメリカよりの輸入品で、給水流量に対応して吐出量が決定される。ほかにドラム附着品としては、英国デュランス社の透視および二色水面計を使用している。なおさらに中央室において、ドラム水位の変動を監視しうるようヤーウエの遠隔水面指示計を取付けた。

## (3) 過熱器の構造

過熱器は、全体構造上横型のマルチループ型を採用した。第二次過熱器すなわち高温部過熱器は、管が過度に熱せられることより保護する目的で並行流方式の管配列としてある。第一次過熱器は、勿論対向流で、熱伝達を良くしてある。過熱管の燃焼ガスによるエロージョンおよびクリンカートラブルを防止するために、一次過熱器



第6図 スプレー式蒸気温度調整器  
Fig.6. Spray Type Attenuator

のピッチに対し、第二次は十分広いピッチとし、第二次過熱器を流れるガス速度を十分おそくすることにつとめている。また一般に対流型過熱器では、負荷の増加とともに蒸気温度の上昇する傾向にあるため、蒸気温度を一定に保持するためスプレー型の温度調整器を使用した。今回は負荷 60% 以上を  $490^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  に蒸気温度を保持するよう設計した。この噴射式温度調整器は、サーフェース型と異り、小型で多量の蒸気を処理できることを特長としており、今回はこれを一次過熱器と二次過熱器の中間に設置して高温群のチューブの温度を下げ、その損傷を防ぐことに留意した。第6図にその形状を示す。

ベンチュリ部にスプレイノズルを設けスプレイが完全に蒸気に混合し、蒸気温度を調整するようにしているほか、サーマルスリーブを設け冷却水の熱衝撃を直接管壁に与えないよう考慮している。この方式は常にベレーの自動調整弁により自動的に噴射量が調整される。この場合スプレー用水は直接蒸気の純度に影響するので、特に給水ポンプの吐出側より直接導いた。

なお過熱管は蒸気温度の高い部分で拡張部が抜け出すおそれがあるので、管寄との取付けはスタブと称する特殊構造のノズルを管寄に溶接し、過熱管とは現地において溶接される。また今回は主蒸気止弁には、クレーン社製のウェジケード型の電動弁が使用される。これは主蒸気管に直接溶接され、フランジは使用しない。中央室において操作できることは勿論である。

#### (4) 節炭器の構造

高温高压となるにしたがい当然給水処理に力を注がねばならず、このため節炭器内部掃除は、あまり重要視されなくなつた一方、ガスケットが給水漏洩の事故の原因となりやすいという理由から、節炭器管はすべて過熱管同様スタブを使用せる全溶接型の連続コイルセルフドレーニング型を採用した。なおこの場合節炭器管中に蒸気泡発生によるトラブルを考慮して平行流とした。

またドラムと節炭器入口の間に再循環管を設けて、始動の際、罐水を節炭器にもどして循環、熱経済をはかるとともに、節炭器の保護を考慮している。

#### (5) 空気予熱器

型式は鋼管型を採用し高温部と低温部とに分割され、

比較的腐蝕率の多いと思われる低温加熱管は長さを加及的に短いものとし管の取換えに当つての損害を極力軽減することができる構造にした。しかも空気予熱器出口と強圧通風機入口とをつなぐ熱空気再循環ダクトを設けて出口ガス温度の低い場合には、熱空気をこのダクトを通して再度空気予熱器にもどし熱空気と煙道ガスとの熱交換を逆に行わせて煙道ガス温度をあげ、腐蝕を防ぐ構造を採用している。

#### (6) 集塵装置 (マルチサイクロン)

実物模型試験についての詳細な実験データを基にして、これを検討し、最高効率かつ最小風圧損失の理想型を選定し採用している。これは空気予熱器の出口に設置されているが極めてスペースファクタが良いのが特長である。

#### (7) バーナ

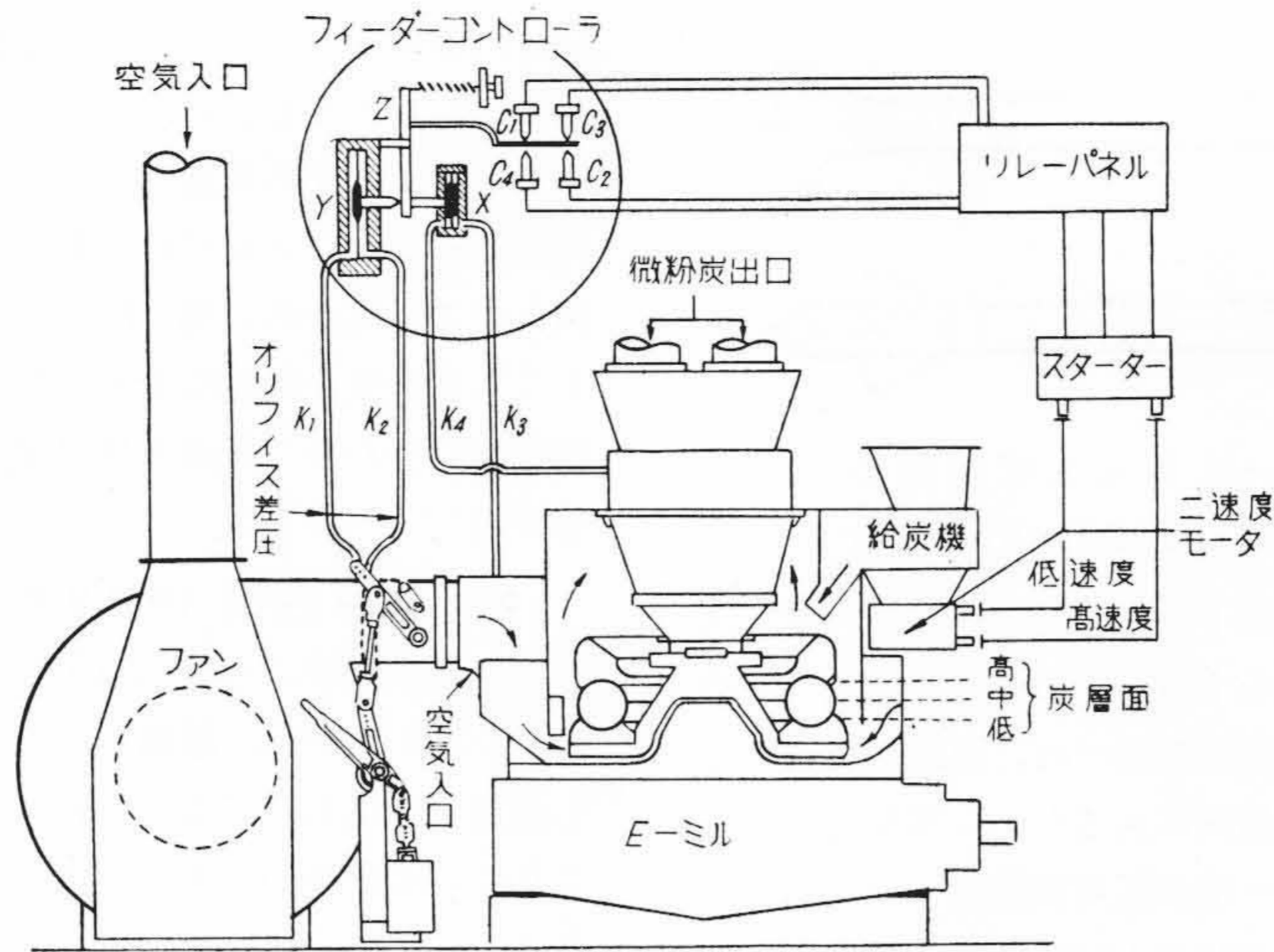
3台のEミルにつながる6本のバーナは前述せる垂直型のインターチューブバーナで、天井水壁管の間隙から、最も適当なチップスピードにより微粉炭を噴射する。バーナはマルチ・ポートで炉のすべての部分にできる限り平らな焰の分布がえられるようにしている。なお点火用バーナが他に3箇設備され、電気火花点火式で、起動用にも使用せられ重油および軽油装置が設置された。

#### (8) スートブロワ

これらはダイヤモンド製で前述せるごとくロングレトラクタブル型 10 台、マルチジェット型 8 台で、取付場所に対し、十分清掃しうるよう型式および噴射圧力が決定される。噴射用蒸気はドラムよりとられ、減圧弁およびオリフイスにより 2 段に減圧されて使用される。各スートブロワは各電気式に制御盤と連絡し、かつ制御盤に設備されたオートマテックセクエンシャル装置によつて、自動的に駆動を行うとともにまた任意に遠隔操作することも可能である。これら各スートブロワと制御盤の間は、パイロテナックスケーブルと称する特殊耐熱ケーブルにより連絡し、熱より保護した。

#### (9) 微粉炭装置

B & WE-70 ミル 3 台を装備している。これはたて型のボールミルで石炭が回転中のボールの間を通り抜けるとき粉碎され、その外側のスロートにおいて一次空気ファンからの空気で浮上り、分離器で所要の粒度ものが分離されて燃料パイプに送られるもので、ボールとリングは特殊の耐磨耗性材料にて作られるが、補充用ボールを予備品として納入するので磨耗による補充取換えが可能である。またEミルには二速度交換の給炭機があり、ミル中の風圧損失がその内部の石炭のレベルに応じ変化する特性を利用して、ベレーコントローラにより給炭器の調整をなし、常に一定の石炭を保有できる構造になつ



第7図 ミルレベルコントローラ  
Fig.7. Bailey Feeder Controller for E-Mill

ている。これを第7図の説明図により、さらに詳細に説明してみたい。ミルの中に規定の石炭量のあるときは、ダイヤフラムYに作用する一次空気ダクトオリフイス前後の差圧と、ミル通過によるダイヤフラムXに作用する圧力降下と均衡を保つ。今ミル中に石炭量の不足したときは、Yに作用する差圧がXのそれより大きくなり、その接点Zが移動し最初C<sub>1</sub>を閉ぢそれよりC<sub>3</sub>を閉ぢ給炭器モータは高速度となる。

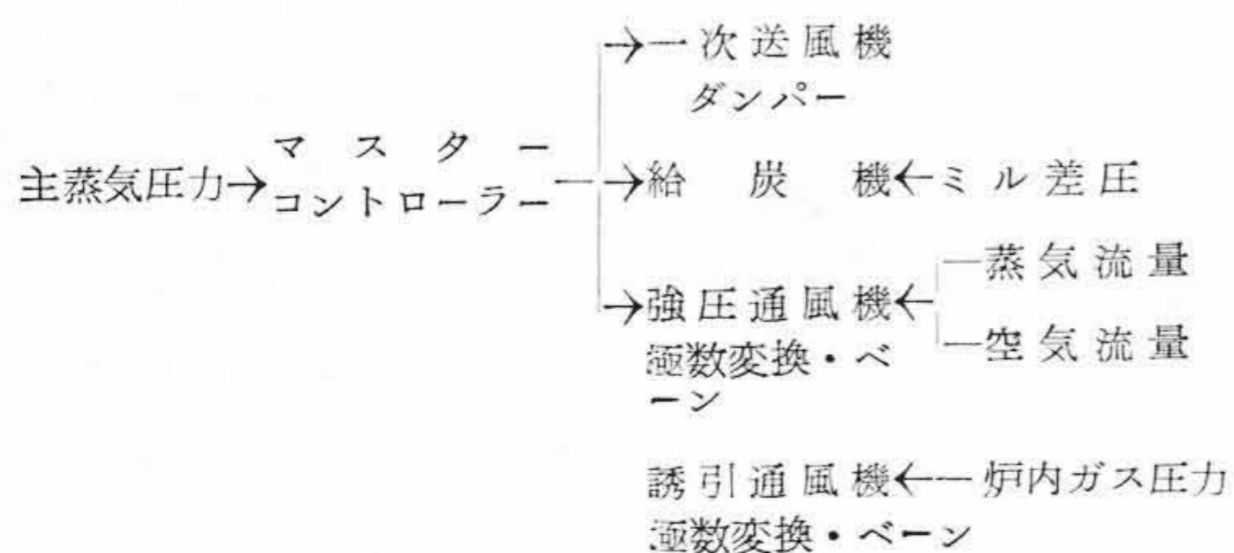
また石炭量が過剰の場合はYに作用する差圧がXのそれより小さくなり、Zが移動しC<sub>4</sub>を閉ぢ、その後C<sub>2</sub>を閉ぢ、給炭器モータは低速度となる。

以上の方法により、レベルコントロールが非常に簡単になされ、チューブミルに対し特にすぐれている点である。またチューブミルに較べ非常に動力の少ないことも特長である。

(10) 自動汽罐制御

ボイラ自動制御装置は、燃焼制御、蒸気温度制御および給水流量制御の三つよりなっており、これらの制御系統を示すと次表のごときものである。今回われわれの採用したのはベーレー空気作動式である。

(a) 燃焼制御



(b) 蒸気温度制御

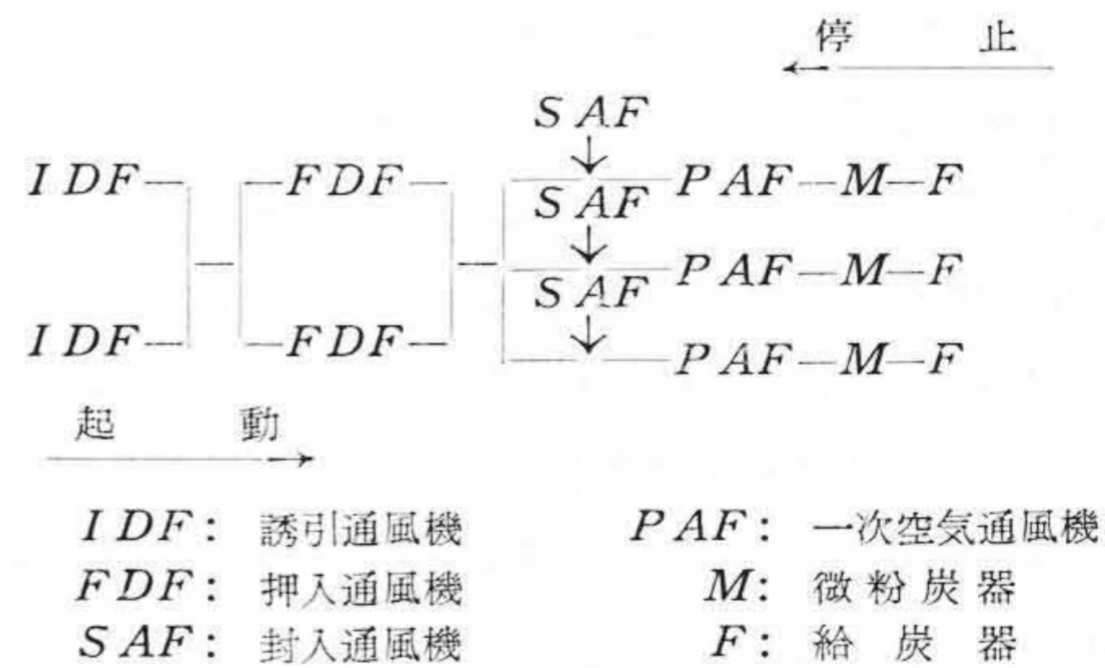
主蒸気温度 → 温度調整用給水弁 ← 空気流量

(c) 給水制御

蒸気流量 → 加減弁 ← ドラム水位  
給水流量

[V] 操作方法

普通の起動および停止の場合のインターロックは次表のごとくなっている。



普通の起動および停止の場合は矢印の方向にその順序を追って行く。非常停止の場合も同じ系統であるが、IDF, FDF 1 台の停止の場合はインターロックは働かない。

[VI] 結 言

以上によつて砂川発電所納汽罐の大略について述べたわけであるが、特にこの型式は我国で最初に設置されるものであるだけに、その運転開始後の性能に大いなる期待を持つものである。