

九州電力株式会社新港発電所納
510 t/h サイクロンファーンネス・ベンソンボイラ
510 t/h Cyclone Furnace Benson Boiler for Shin-Minato Power Station,
Kyushu Electric Power Co., Inc.

朝倉英二* 高見宜明*
Eiji Asakura Noriaki Takami

内 容 梗 概

九州電力株式会社新港発電所第2号缶として目下鋭意製作中の本ボイラは、国内における事業用ボイラとしては最初のサイクロンファーンネス燃焼方式を採用しており、かつボイラ本体もB&Wベンソンタイプで、数多くの特長をそなえている。ここに本ボイラの概要を紹介する。

1. 緒 言

サイクロンファーンネスは、1938年アメリカB&W社によって実用化されて以来、すぐれた石炭燃焼方式として急速に普及し、国外でのサイクロンファーンネスボイラの設置実績は、アメリカおよびドイツを主としてすでに200缶近くに及んでいる。わが国でも、日本炭への適用についてかなり以前から各地産炭の詳細な分析、モデルテストなど多角的な研究、調査を続けているが、その研究成果と、欧米における貴重な実績に基づいて、1960年には、三井化学株式会社大浦発電所(95 t/hボイラ)および国策パルプ工業株式会社旭川工場(100 t/hボイラ)に各1缶をあいついで完成し、いずれも予想効率を上回り、稼動率もきわめて高く好調な運転実績を得ており、本燃焼方式の優秀性が実証されている。

サイクロンファーンネスには、アメリカ式とドイツ式の2種があり使用炭によりその構造が若干相違することになるが、本ボイラにおいては、比較的灰分も少なく、かつ熔融灰の流動性が良い九州三池炭を使用するものとして、アメリカ式サイクロンを採用している。なお、前記の三井化学株式会社納のものもアメリカ式サイクロンである。

他方ドイツ式サイクロンとしては、前述の国策パルプ工業株式会社納のほか、常磐共同火力発電株式会社勿来発電所6号缶(570 t/h)に採用されることになり、本ボイラと同様B&Wベンソンボイラとして設計、製作中である。

またB&Wベンソンボイラとしては、清水共同発電株式会社新清水火力発電所納第1,2号缶(いずれも260 t/hボイラ)が1962年営業運転にはいり、その後きわめて順調な運転を続けているが、その間大規模な各種特性試験を実施し、貫流ボイラとして重要な負荷応答特性が明確にされ、そのすぐれたボイラ特性が確認された。本ボイラには、この実績に加えて貫流ボイラ最適制御研究の成果が有効に生かされており、さらにすぐれた性能を発揮することが期待されている。

2. 計 画 概 要

本ボイラの計画仕様の概要は第1表に示すとおりであり、定格出力156,250 kWのタービン発電機に組み合わされるが、主蒸気温度は自動最低安定負荷(ボイラ最大連続負荷の1/3)以上の全負荷にわたり、また再熱蒸気温度は50%負荷以上において、それぞれ一定に調整保持され、プラント効率の向上がはかられている。

3. 構 造 概 要

本ボイラは、サイクロンファーンネスとB&Wベンソンボイラの

* バブコック日立株式会社呉工場

第1表 汽 缶 計 画 仕 様

項 目	単 位	ボイラMCR	156,250 kW時
蒸 発 量	kg/h		
過 熱 器 出 口		510,000	467,450
再 熱 器 出 口		423,060	386,990
蒸 気 圧 力	kg/cm ² g		
過 熱 器 出 口		173	172.3
再 熱 器 入 口		36.9	33.8
再 熱 器 出 口		34.6	31.7
蒸 気 温 度	℃		
過 熱 器 出 口		569	569
再 熱 器 入 口		359	349
再 熱 器 出 口		541	541
給水温度(節炭器入口)	℃	262	267
汽 缶 効 率	%		
ボイラ(湿炭高位)		87.76	87.84
FDF温度上昇利得		0.60	0.55
合 計		88.36	88.39
使用石炭発熱量	kcal/kg	6,800(乾炭高位), 6,324(湿炭高位)	
ボイラ形式	B&W屋外形サイクロンファーンネス・ベンソンボイラ		
数 量	1 缶		
燃 焼 方 式	直接式サイクロンファーンネス燃焼および30% MCR 容量重油混焼		
通 風 方 式	強 圧 通 風		
燃 焼 装 置	アメリカ式10フィートサイクロンファーンネス (19 t/h × 4 台) および特殊圧力噴霧式重軽油バーナ (3.4 t/h × 21 atg × 4 組)		

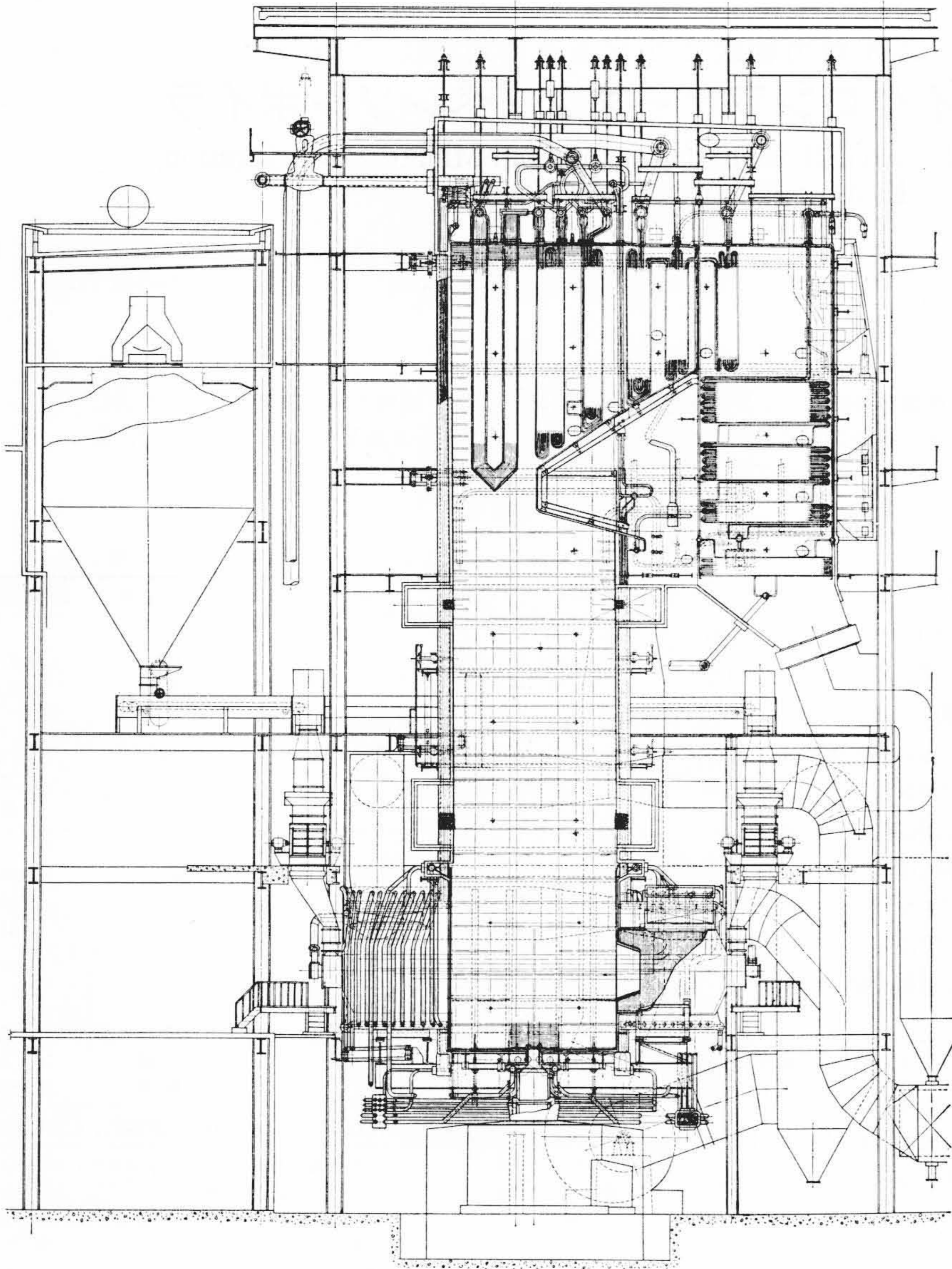
両方の特長を同時に発揮するよう、構造においても細心の注意が各所に払われている。ことにサイクロンファーンネスは第1図に示すように、火炉前後に各2個ずつ合計4個を対向配置し、火炉内ガス温度の均一化をはかる一方、火炉は均一な熱吸収を受けるよう伝熱面を配置した下降流のないいわゆるミアンダウォール(蛇管構造壁)で形成されているので、その流動安定性は高く、運転制御の容易な貫流ボイラとなっている。

以下に本ボイラの水蒸気経路ならびに構造上の特長について概説する。

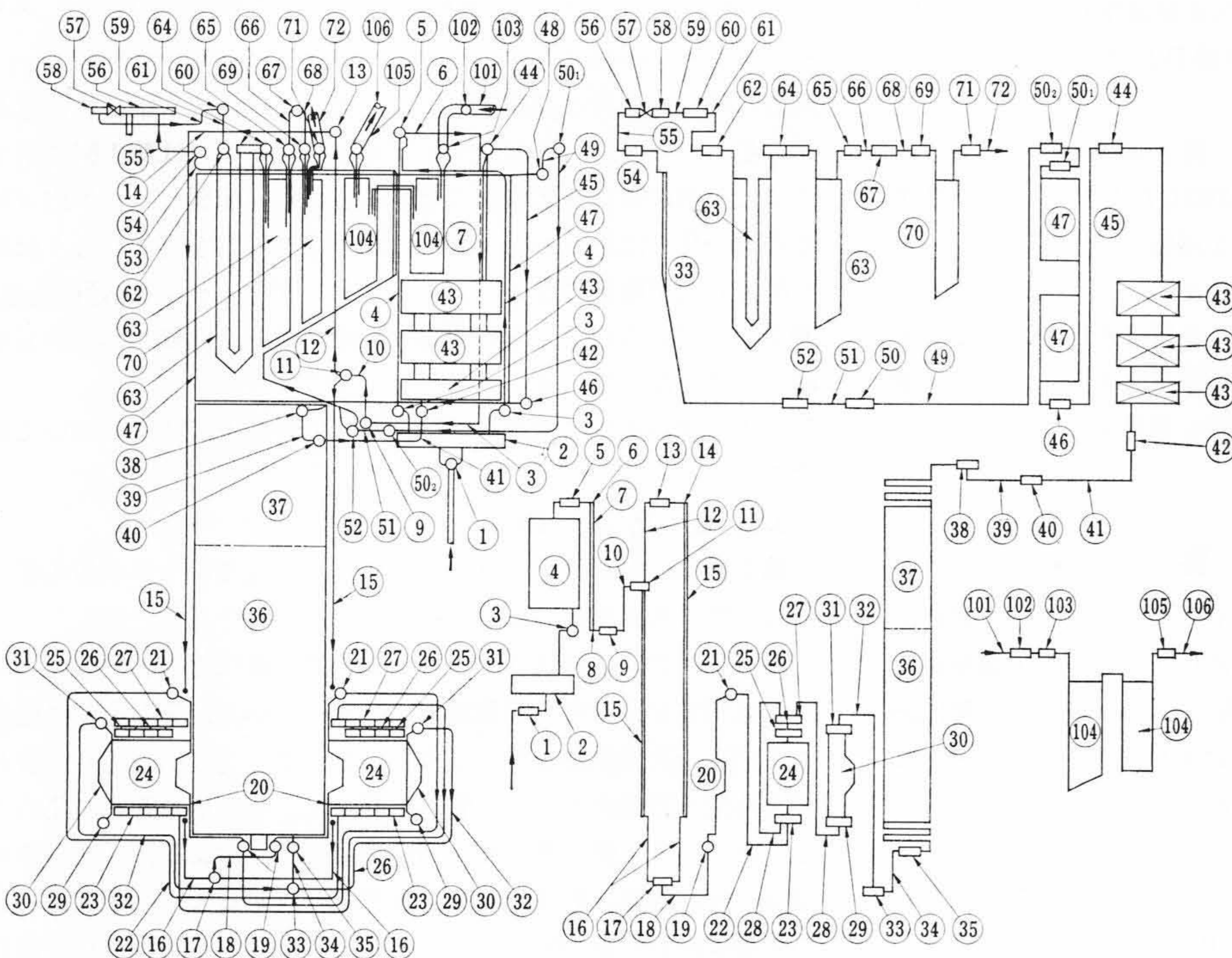
3.1 貫 流 経 路

第2図は、本ボイラの貫流経路にしたがってボイラ本体各部の名称ならびに各伝熱部の概略配置を示したものである。

給水ポンプにより送り出された給水は、高圧給水加熱器さらに、給水制御弁を経たのち節炭器にはいり、ついで、その上方に配置されている一次過熱器を懸垂支持し、かつボイラ後部煙道の前後および天井壁を形成するケージ管を上昇して、その出口管寄に集められる。ところで火炉上部の前ならびに両側壁、および後部煙道の両側壁は、火炉水壁と同様のミアンダウォール構造で、ボイラ上部をコの字形に囲む管群で放射過熱器が構成されているが、ケージ出口管寄から連絡管により分配された給水は、まずその後部煙道部両側壁



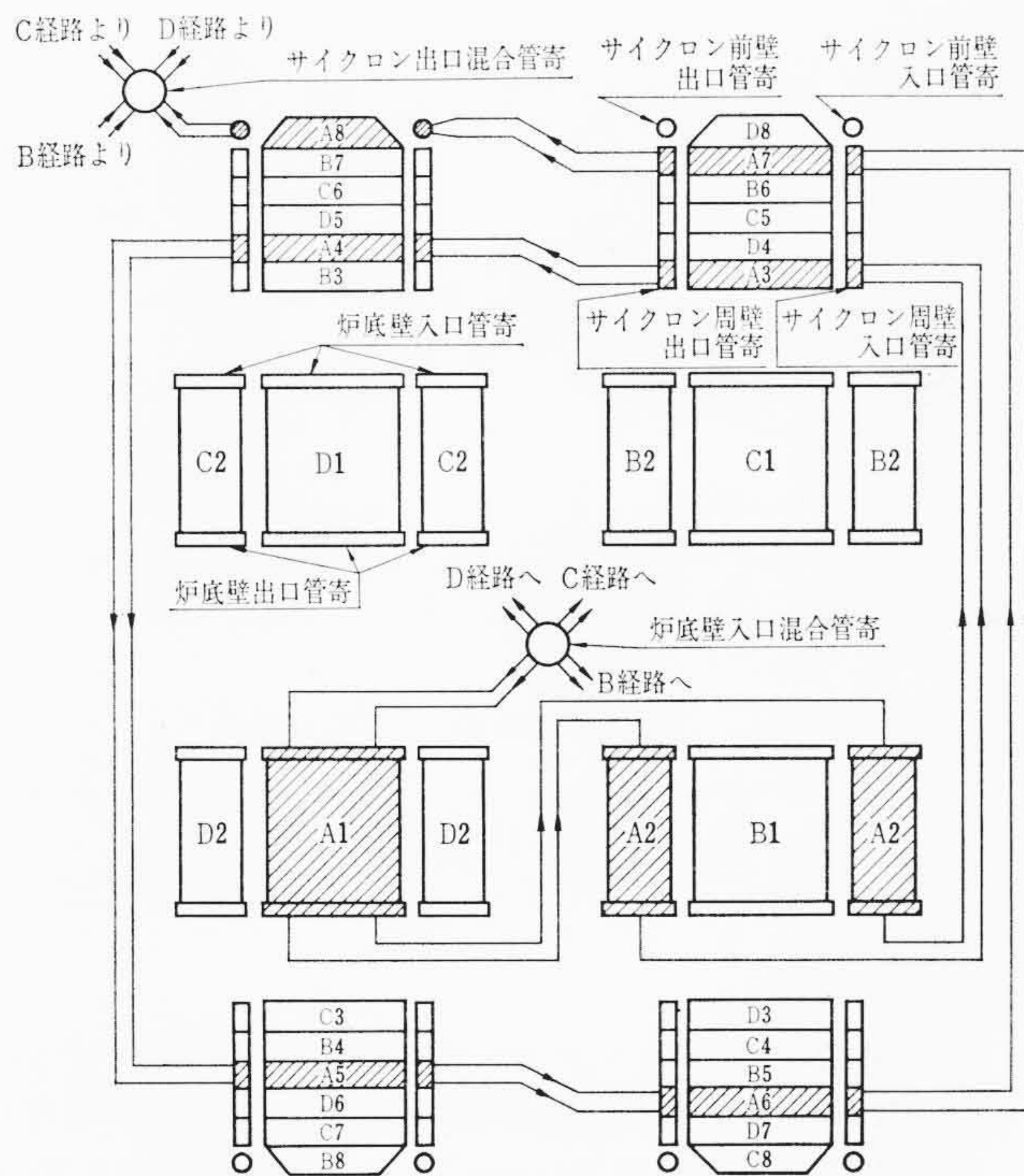
第1図 汽缶側断面図



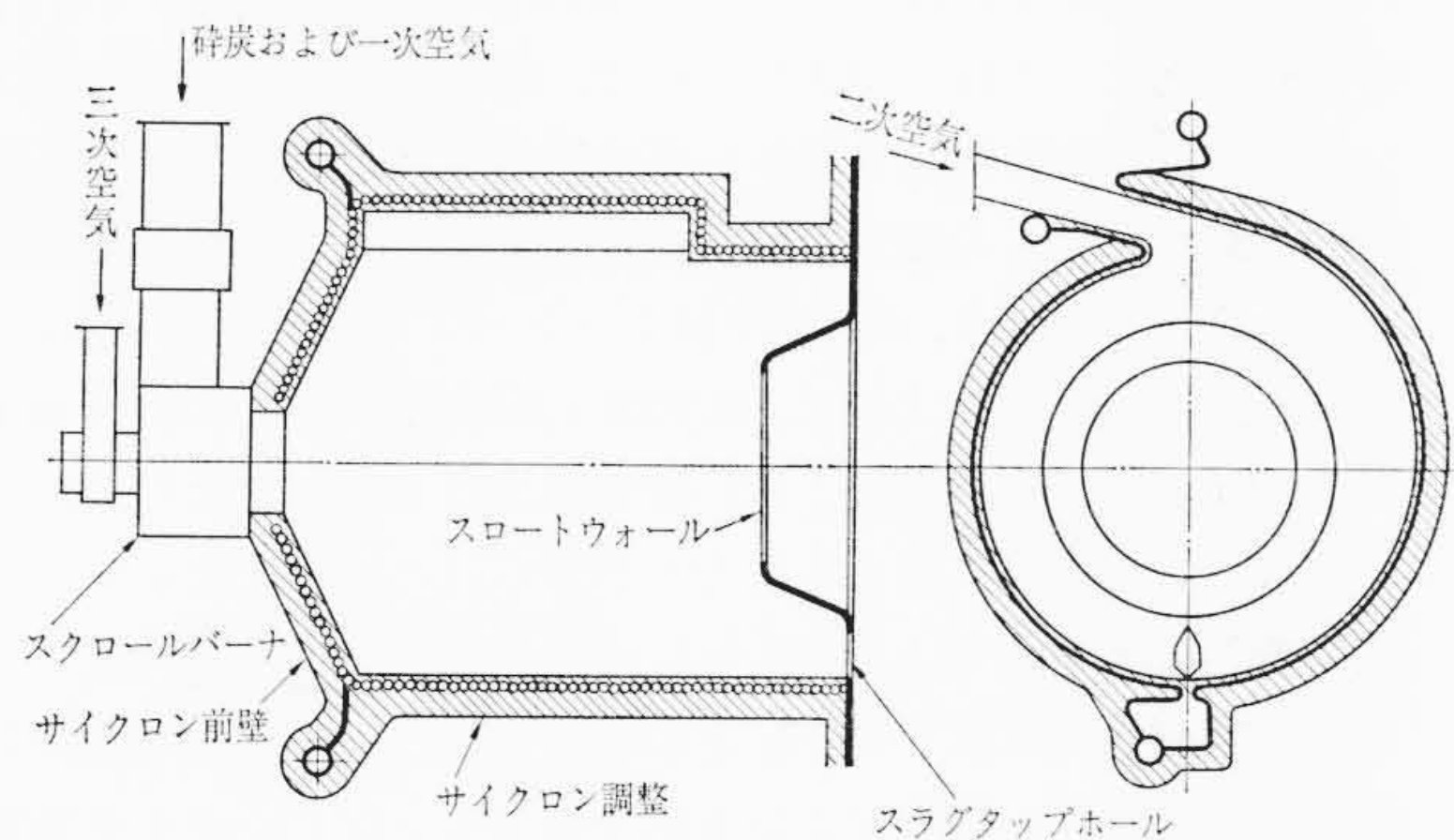
第2図 汽缶の流路系統図

- ① 節炭器入口管寄
- ② 節炭器出口管寄
- ③ ケーシ出口管寄
- ④ バックスター加熱連絡管(1)
- ⑤ ケーシバックスター加熱管
- ⑥ バックスター加熱連絡管(2)
- ⑦ バックスター加熱連絡管混合管寄
- ⑧ バックスター加熱連絡管(3)
- ⑨ 水壁スリング入口管寄
- ⑩ 水壁スリング管
- ⑪ 水壁スリング出口管寄
- ⑫ バックスター加熱連絡管(4)
- ⑬ 火炉バックスター加熱管
- ⑭ バックスター加熱連絡管(5)
- ⑮ 炉底壁入口混合管寄
- ⑯ 炉底壁連絡管(1)~(2)
- ⑰ 炉底壁入口管寄(1)~(2)
- ⑱ 炉底壁管(1)~(2)
- ⑲ 炉底壁出口管寄
- ⑳ サイクロン入口連絡管
- ㉑ サイクロン周壁入口管寄
- ㉒ サイクロン周壁管(1)~(5)
- ㉓ サイクロン周壁中間管寄
- ㉔ サイクロン上昇連絡管
- ㉕ サイクロン周壁出口管寄
- ㉖ サイクロン連絡管(1)~(5)
- ㉗ サイクロン前壁入口管寄
- ㉘ サイクロン前壁管
- ㉙ サイクロン前壁出口管寄
- ㉚ サイクロン出口連絡管
- ㉛ サイクロン出口混合管寄
- ㉜ 水壁入口連絡管
- ㉝ 水壁入口マニホールド
- ㉞ 水壁管(1)
- ㉟ 水壁管(2)
- ㊱ 水壁出口マニホールド
- ㊲ 水壁出口連絡管
- ㊳ 水壁出口混合管寄
- ㊴ 1次過熱器入口連絡管
- ㊵ 1次過熱器入口管寄
- ㊶ 1次過熱器管
- ㊷ 1次過熱器出口管寄
- ㊸ 放射過熱器入口連絡管
- ㊹ 放射過熱器入口マニホールド
- ㊺ 放射過熱器管
- ㊻ 放射過熱器出口マニホールド
- ㊼ 放射過熱器出口連絡管(1)(2)
- ㊽ 放射過熱器出口集合マニホールド
- ㊾ 天井過熱器入口分配マニホールド
- ㊿ 天井過熱器入口連絡管
- 1 天井過熱器入口管寄
- 2 天井過熱器管
- 3 天井過熱器出口管寄
- 4 天井過熱器出口連絡管(1)
- 5 天井過熱器出口連絡管(2)
- 6 過熱器高圧止弁
- 7 1次減温器入口連絡管(1)
- 8 1次減温器入口連絡管(2)
- 9 過熱器1次減温器
- 10 1次減温器出口連絡管
- 11 2次過熱器入口管寄
- 12 2次過熱器管(1)(2)
- 13 2次過熱器中間管寄(1)(2)
- 14 2次過熱器出口管寄
- 15 2次減温器入口連絡管
- 16 過熱器2次減温器
- 17 2次減温器出口連絡管
- 18 最終過熱器入口管寄
- 19 最終過熱器管
- 20 最終過熱器出口管寄
- 21 主蒸気

- (101) 低温再熱蒸気管
- (102) 再熱器減温器
- (103) 再熱器入口管寄
- (104) 再熱器管
- (105) 再熱器出口管寄
- (106) 高温再熱蒸気管



第3図 サイクロンファーンネスまわりの貫流経路

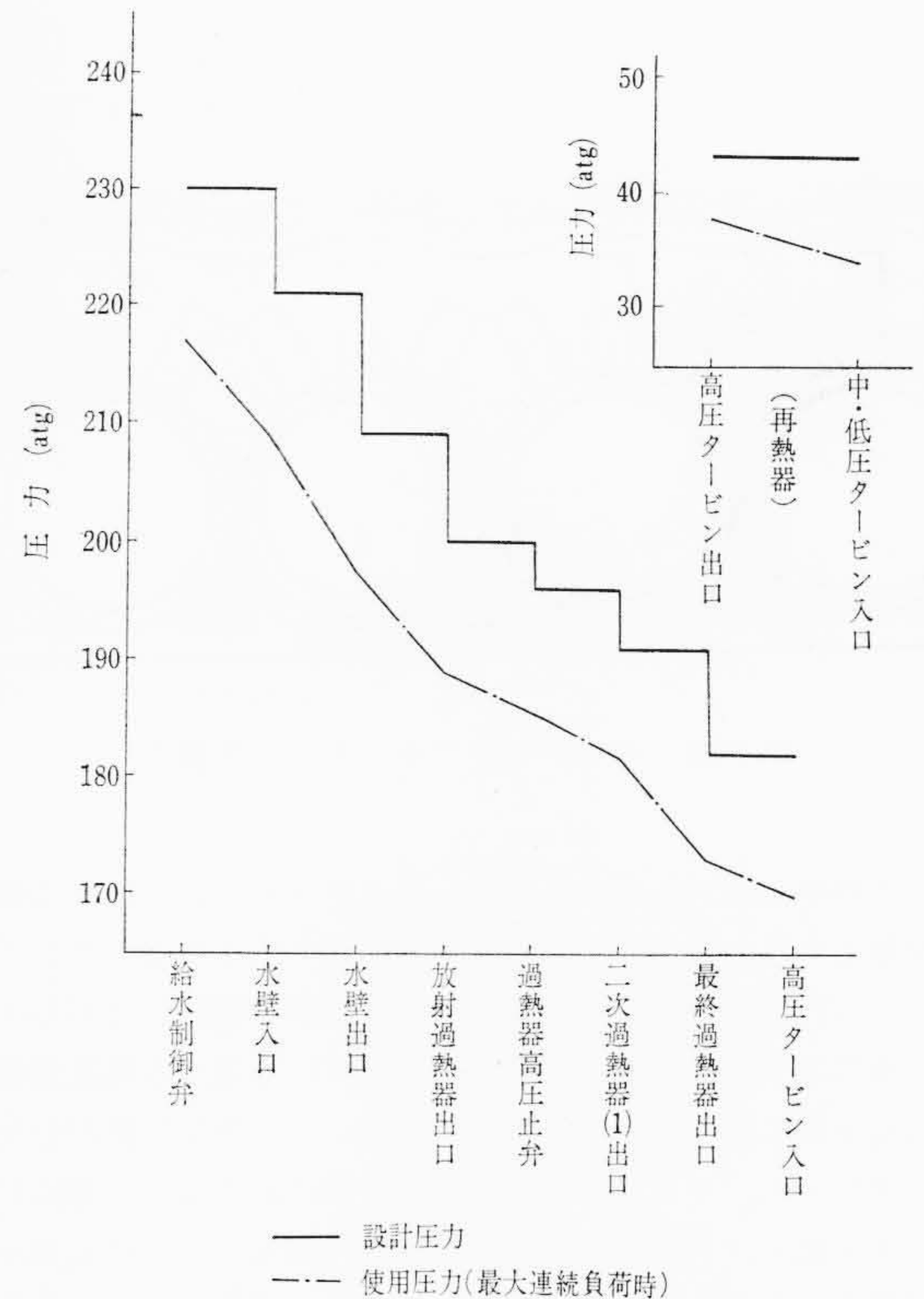


第5図 アメリカ式サイクロンファーンネスの構造概要

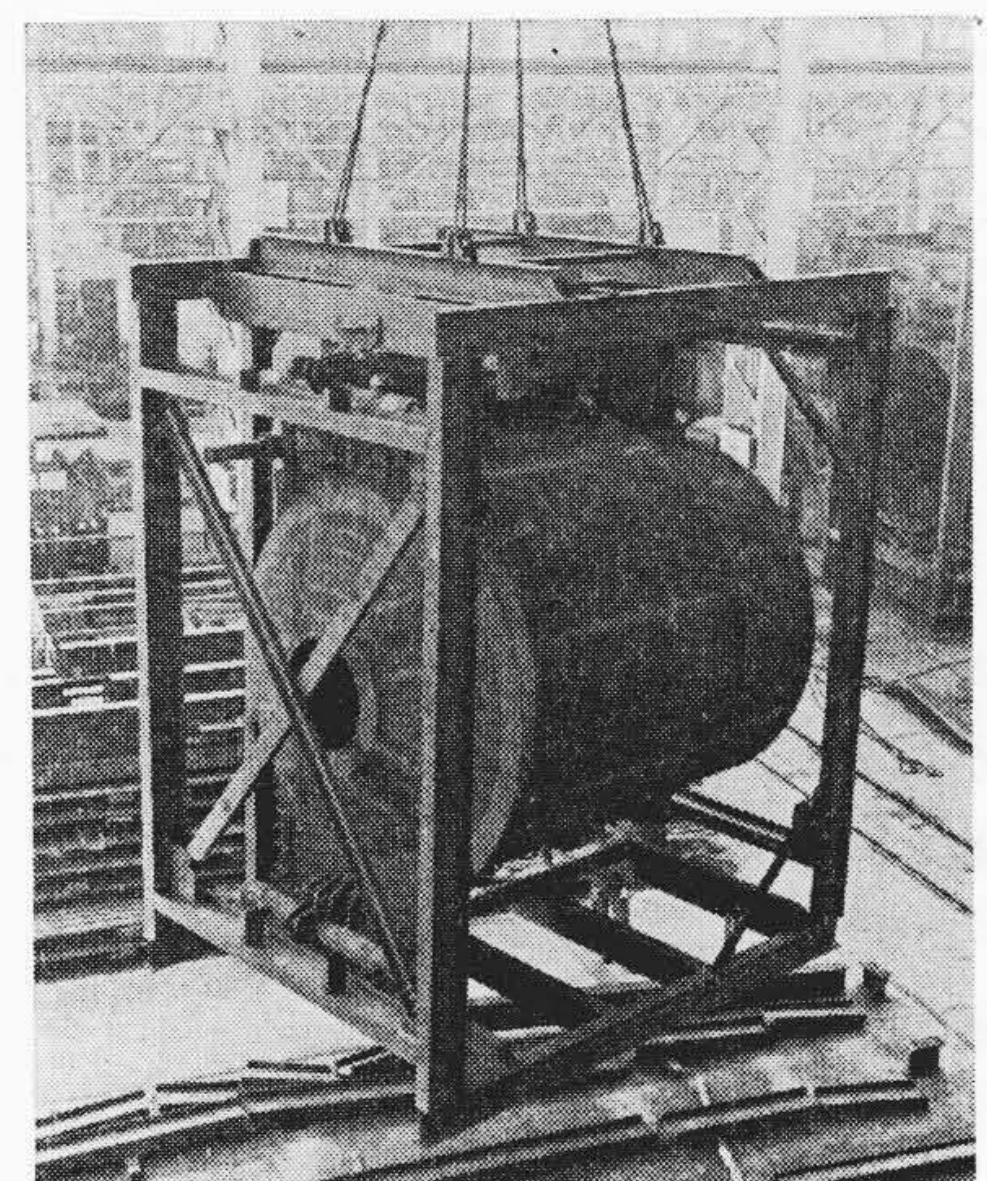
の各垂直バックステータを加熱しながら下降し、いったん水壁スリング入口管寄に集められてのち、さらに一部は火炉後壁のバックステータ加熱管に、残りは火炉後壁を懸垂支持する水壁スリング管をとっていったん上昇したのち前記の放射過熱器および火炉の前側壁のバックステータ加熱管に、それぞれ分配されて垂直バックステータを加熱しながら下降し、火炉下の缶前側に配置された管寄に集合し、ここで一様に混合される。

ここから四つの並行流に分かれ、サイクロン運転台数いかにかわらず各並行流が、できるだけ一様に受熱するよう配慮された経路(第3図参照)により、炉底および各サイクロンの後部開口壁(サイクロンスロートウォール)を形成する炉底壁、さらに4個のサイクロンファーンネス周壁を形成するサイクロン管を通して火炉下汽缶後方のサイクロン出口混合管寄に集められる。それからミアンドウォール構造の火炉水壁を、迂回しながら上昇し、ついで一次過熱器に送られ、ここで蒸発を完了する。

多少過熱状態となって一次過熱器を出た蒸気は、前記したミアンド構造の放射過熱器をとおり、さらに火炉出口ノーズ部および火炉上方天井壁を形成する天井過熱器にはいる。天井過熱器出口は、後述するボイラ起動停止時の過熱器バイパス点となっており、以降の過熱器を遮断する過熱器高圧止弁および過熱器減圧弁が設けられているが、蒸気はここを通過したのちスプレ式過熱器減温器を経て、



第4図 ボイラ設計圧力線図



第6図 サイクロンファーンネス

火炉内上部につり下げられた放射形の二次過熱器にはいる。それからその後方煙道内二次過熱器を通過後、第二次過熱器減温器にて再び減温されてのち最終過熱器に流れ、ここで所定の過熱蒸気となってタービンへ送気される。なお再熱器はボイラ上部の水平煙道内に配置されたいわゆるつり下げ形であり、低温再熱管にはスプレ式減温器が設けられている。

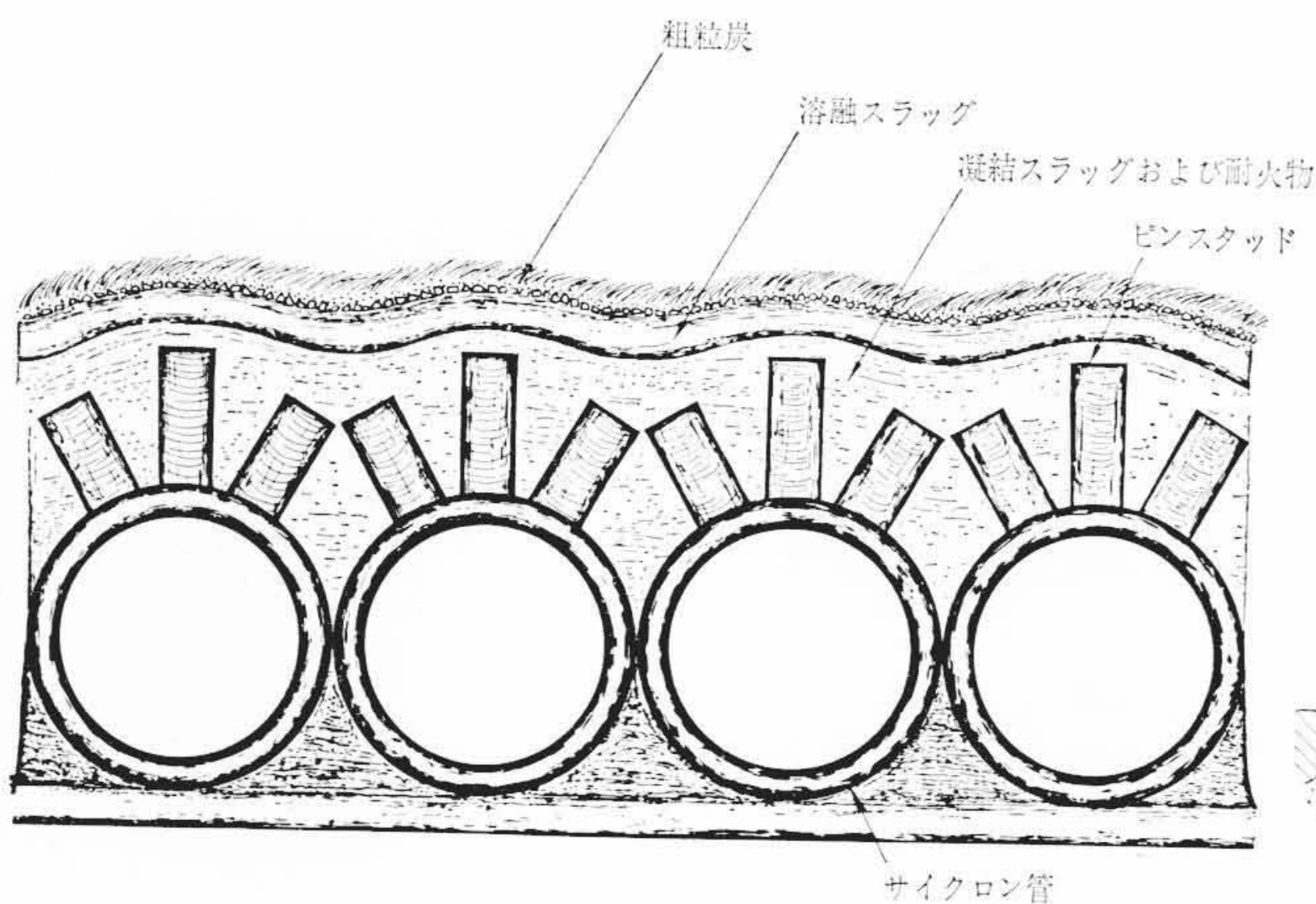
なお本ボイラ各部の設計圧力は第4図に示すとおりである。

3.2 サイクロンファーンネス

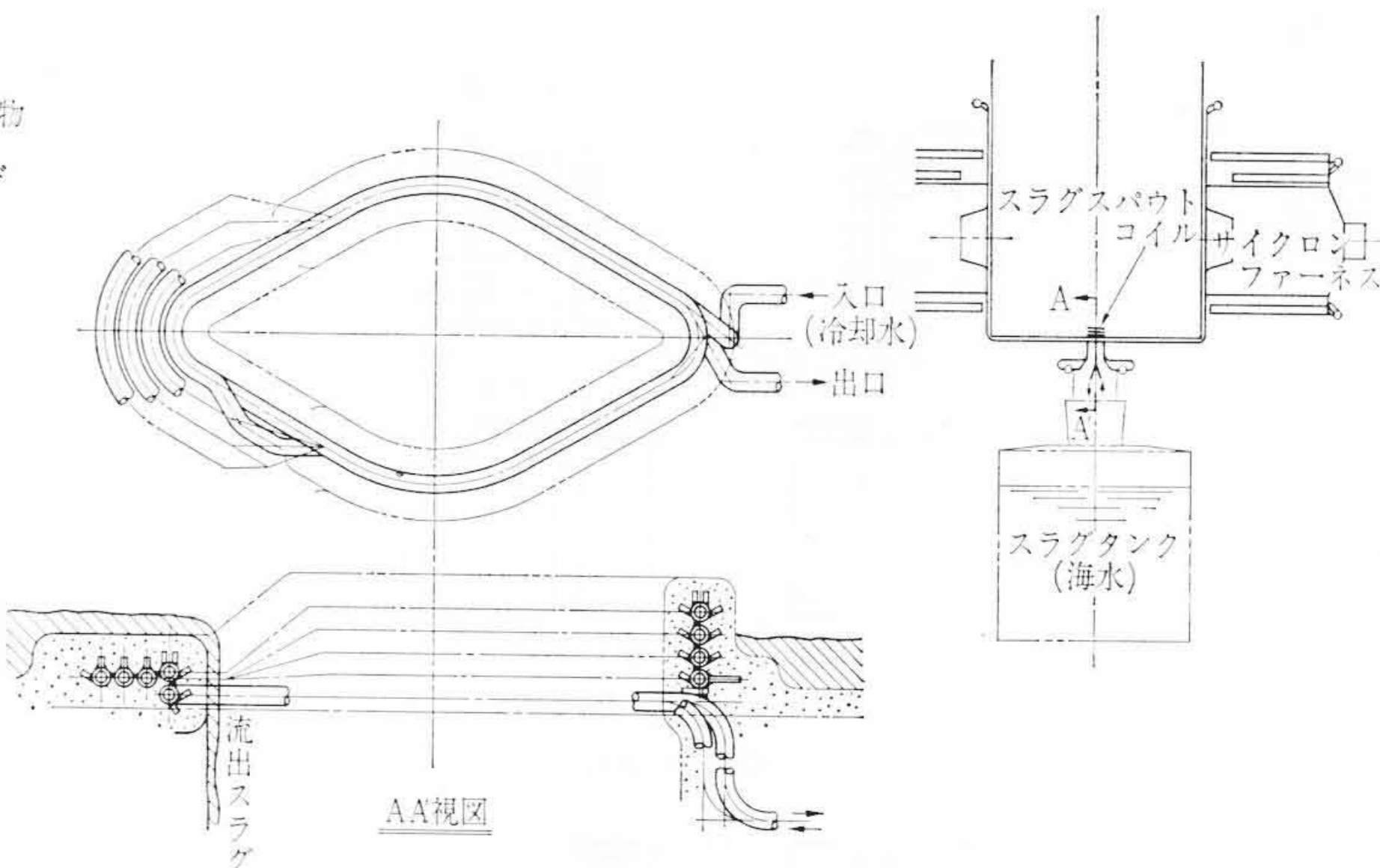
3.2.1 サイクロンファーンネスの構造

本ボイラに採用のサイクロンファーンネスは前述したようにアメリカ式であり、4台のサイクロンはいずれも 26.2mm 外径の細いチューブによって、公称直径 10 フィートの円筒形に造られており、その構造の概要は第5図および第6図に示すとおりである。

ハンマクラッシャにより粉碎された粗粒炭は、一次空気とともにサイクロン前壁の円すいせん頭部に取り付けられたスクロール



第7図 サイクロンファーンネス内壁構造



第8図 炉底付近概要図

バーナの中心部から送り込まれ、三次空気と一緒に強い旋回を与えられながらサイクロン炉内に送り込まれる。そしてサイクロンの円筒周壁の上方開口部から、同様に旋回しながらはいつてくる二次空気とともに約80~100m/sにも達する高速気流により周壁全面にかく乱、分散されて急速かつ完全な燃焼が行なわれる。すなわち、サイクロン内壁は第7図に示すように管にピンスタッドを植え、クローム質耐火材を塗り込んだいわゆるフルスタッド構造であり、この表面に固い凝固スラグ層があり、その上に溶融スラグがゆるやかに流動している状態にあるので、強い旋回気流とともに送り込まれた石炭の粗粒は、内壁の流動スラグ膜上に分離、付着して、高速旋回気流との大きな相対速度のもとに急速な燃焼を行ない、一方炉内中心部に浮遊する微粒炭も空気とよく混合されて、サイクロン炉内にて高温燃焼が行なわれるのである。

なお、サイクロン炉内を流動し、燃焼を終えてサイクロン後部のスロートウォール（炉底壁管により構成）に到達した溶融スラグは、その下部に設けられた開口部（スラグタップホール）から炉底へと越流し、さらに炉底中央部に設けられた開口部（スラグスパウト）から1本の棒状をなして流下し、スラグタンク内に捕集される（第8図参照）。

3.2.2 サイクロンファーンネスボイラの特長

このサイクロン燃焼方式を採用している本ボイラについて、若

- 干その特長を述べる。
- (1) 燃焼はサイクロンファーンネス内ではほとんど完了するので、二次炉としての火炉は小形化されている。（炉幅×奥行×高さ=9,324×6,100×30,394(mm)）。また、石炭灰のうち70ないし80%程度は溶融スラグとして炉底下方に設けられたスラグタンク内の水中に流下し、ここで急冷されることにより小粒の砂利状となって採り出されるので、燃焼ガス中の含じん量は少なく、またその粒度も細かいため、ボイラチューブなどの灰摩耗の点から見ても従来の微粉炭だきボイラに比べてガス速度を上げることができ、ボイラ全体がコンパクトに設計できる。
 - (2) 微粉炭燃焼に比べて、給炭粒子が相当大きくても（6mm以下、1mm目通過55%）、強い旋回燃焼により完全な燃焼が行なわれるので粉碎に要する動力が小さく（ハンマクラッシャ用電動機銘板出力は40kW×4台）、また保守も容易である。
 - (3) 過剰空気率は5~13%というごく少ない空気量で燃焼可能であり、排ガス損失および未燃分損失も少なく、ボイラ効率が高い。

第2表は前述した既納サイクロンファーンネスボイラの性能試験結果であるが、いずれも計画値を上回る高いボイラ効率を示し、その性能を十分に発揮している。

以上のように、サイクロン燃焼では、伝熱面のアッシュカットの問題とか、火炉におけるクリンカトラブル、過熱器高温部におけるスラグトラブルなどがなく、燃焼設備も簡略化されているのでボイラの稼働率が良い。既納サイクロンファーンネスボイラの実績は第3表に示すとおりである。

3.2.3 使用炭について

前述したようにサイクロンファーンネスにはアメリカ式とドイツ式があるが、後者は比較的低品位炭の多い欧州炭に適するよう前者の構造が変えられている。これらのサイクロン燃焼での使用炭の選定には、湿式燃焼の特質上から灰の溶融温度と溶融スラグの粘度、すなわちその流動性いかに重要である。第9図はその適否判定基準を示したものである。ただし、アメリカ式はドイツ式に比べて粗粒炭で燃焼させることができる。本ボイラにおける使用炭は九州三池炭であり、その灰の性質は第4表のとおりであってサイクロン燃焼にはきわめて適しているといえる。第10図は本ボイラのスラグ流動条件を示したものである。

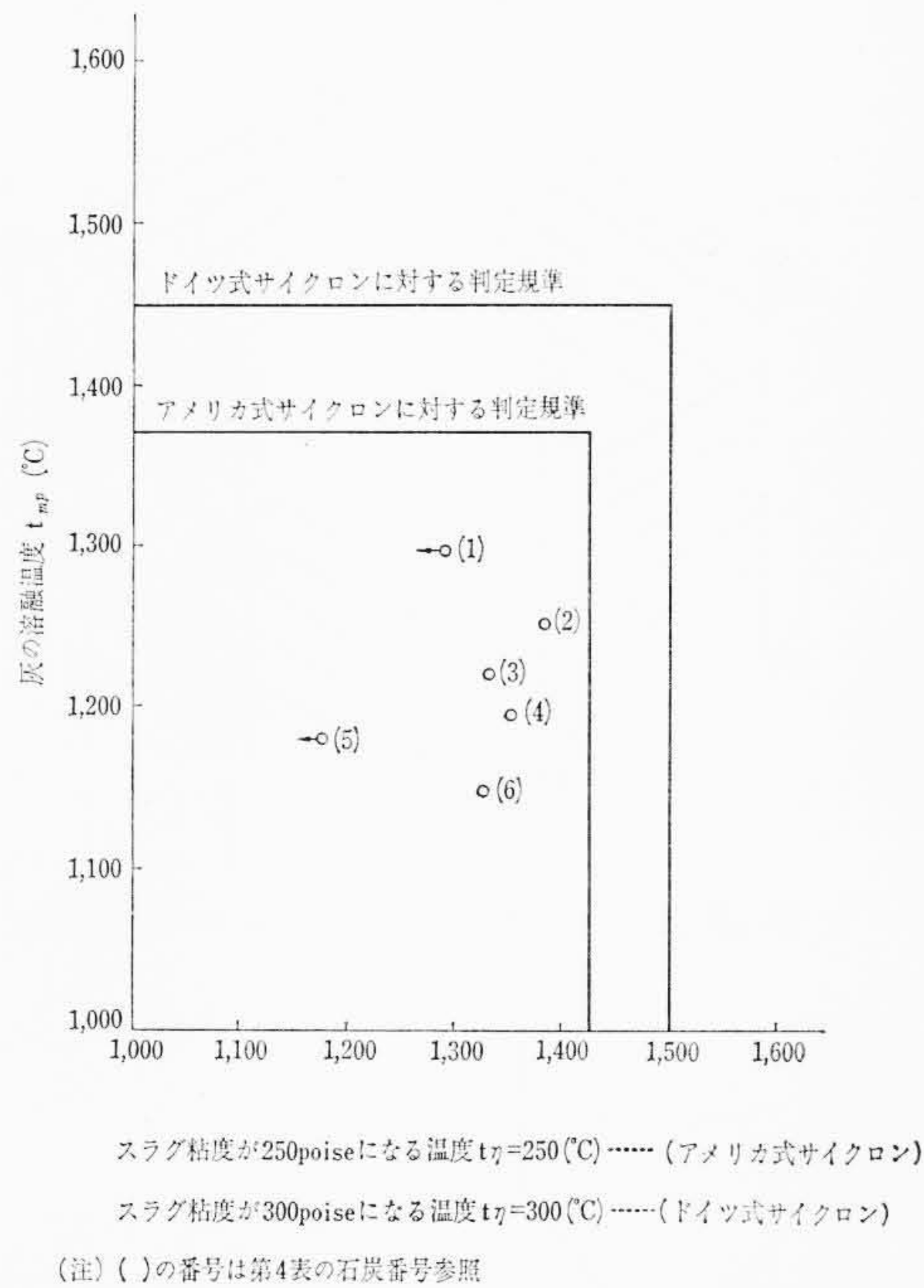
なお、石炭灰の溶融性が悪い場合でも、混炭または石灰の添加により灰の溶融温度と流動スラグ粘度を下げる事が可能である。

第2表 既納サイクロンファーンネスボイラ性能試験結果

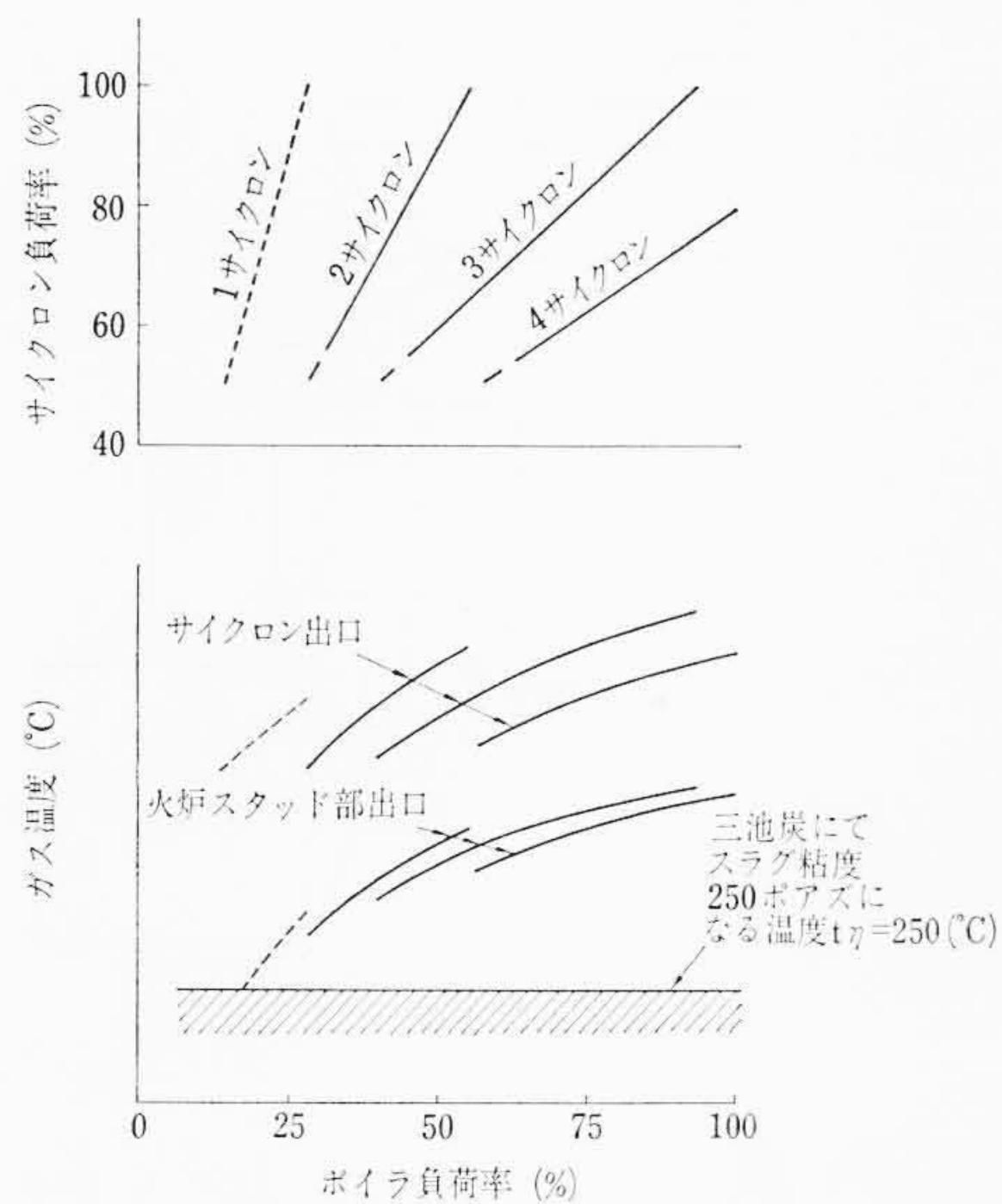
	単位	三井化学・大浦発電所		国策パルプ・旭川工場	
		計画値	実測値	計画値	実測値
試験期日			'61. 1. 10		'62. 5. 29
燃料の種類		三池炭	三池特上粉	北海道炭	赤平特細粉
石炭発熱量(低位)	kcal/kg	5,977	6,025.1	5,000	5,370.3
蒸発量	t/h	95	93.42	100	100.8
蒸気圧力(過熱器出口)	kg/cm ² g	52	52.0	100	100.6
蒸気温度(過熱器出口)	℃	438	434.6	540	541.6
給水温度	℃	150	144.7	120	116.2
排ガス温度	℃	171	154.1	160	176.3
空気過剰率	%	17(Eco入口)	5(Eco入口)	19(Eco出口)	11.5(Eco出口)
石炭消費量	kg/h	11,216	10,832	15,800	14,457
ボイラ効率(低位基準)		89.8	93.5	90.1	92.4

第3表 既納サイクロンファーンネスボイラ稼働率

	三井化学・大浦発電所	国策パルプ・旭川工場
期間	昭和37年度1年間	昭和37年度1年間
運転時間累計	7,285時間21分	7,797時間30分
年間稼働率	83.3%	89.1%
事故停止時間	0	24時間30分
予定運転時間に対する稼働率	100%	99.7%



第9図 サイクロンファーンネス使用炭適否判定基準



第10図 スラグ流動条件

3.3 ミアンダウォール

3.3.1 炉壁管の構成

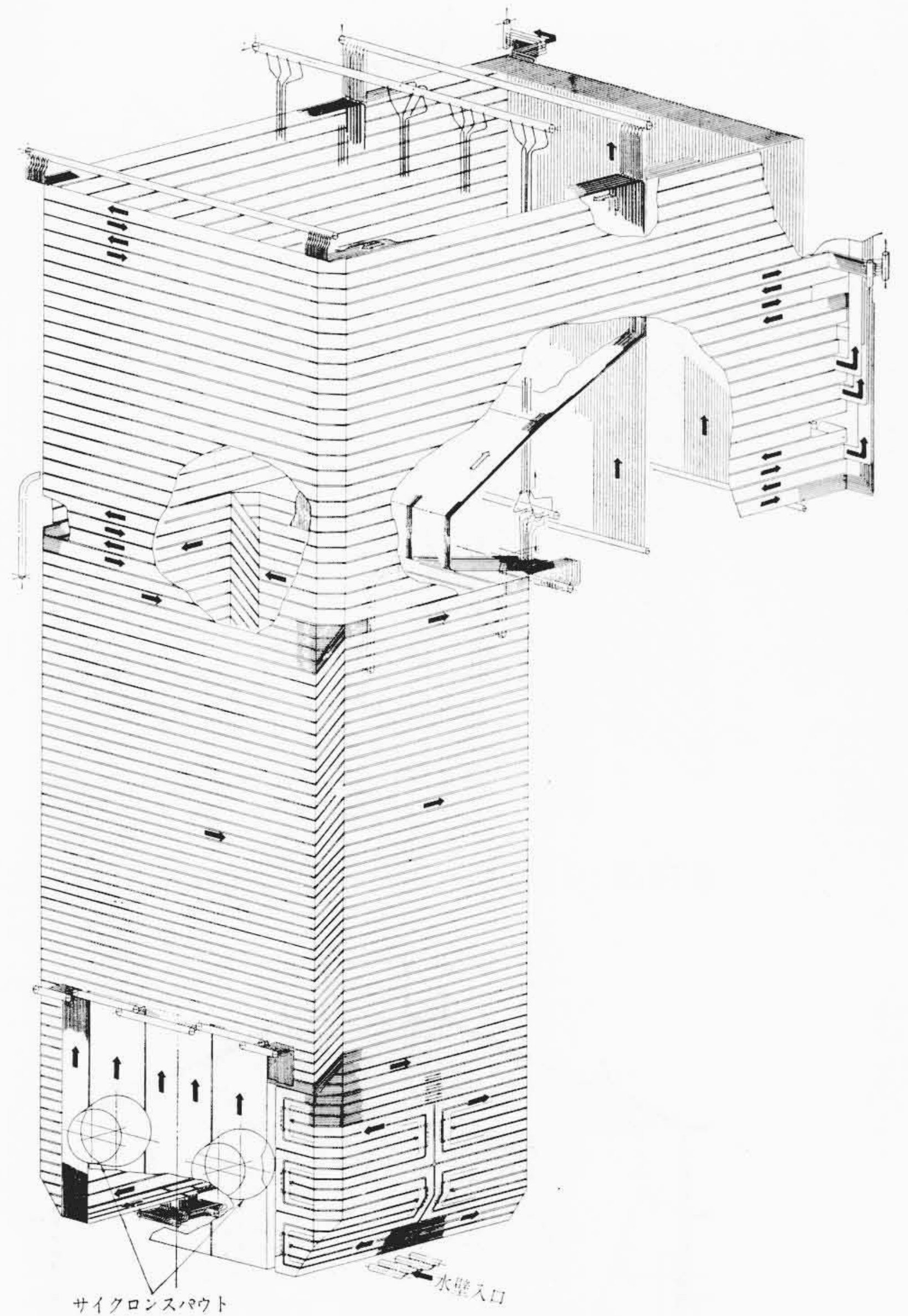
ボイラ本体の構造では特に炉壁管の構成に大きな特色がある。すなわち、第11図に示すように、ボイラ炉壁のほとんど全体がミアンダウォール構造の火炉水壁管と放射過熱器管で構成されている。

なお、水壁の上部約1/3と放射過熱管には45.0mm外径のチューブを、水壁の残りの下部には38.0mm外径のチューブをそれぞれ

第4表 使用炭の灰の性質

番号	銘柄	発熱量 kcal/kg		灰分 %	灰の熔融特性 $^{\circ}\text{C}$			スラグ粘度が250ポアズになる温度 $^{\circ}\text{C}$
		高位	低位		軟化点	熔融点	流動点	
1	三池並粉	6,374	6,071	12.46	1,265	1,295	1,335	熔融点以下
2	三池並粉	6,750	6,472	20.80	1,230	1,250	1,280	1,387
3	三池並粉	7,015	6,740	17.90	1,200	1,220	1,250	1,336
4	三池特粉	7,269	6,993	11.12	1,149	1,194	1,227	1,356
5	三池粉	7,496	7,220	10.57	970	1,180	1,202	熔融点以下
6	三池小塊	7,504	7,230	12.40	1,065	1,147	1,190	1,330
	計画標準炭	6,800	*6,030	19.78	1,250	1,270	1,330	

* 表面水分=7%にて



第11図 炉壁管の構成

れ使用している。炉底壁管はサイクロン管と同様26.2mm外径であるが、この炉底壁と水壁の下部約1/3とをフルスタッド構造とし、スラグの炉内における流動性をよくするよう考慮してある。

3.3.2 ミアンダウォールの特長

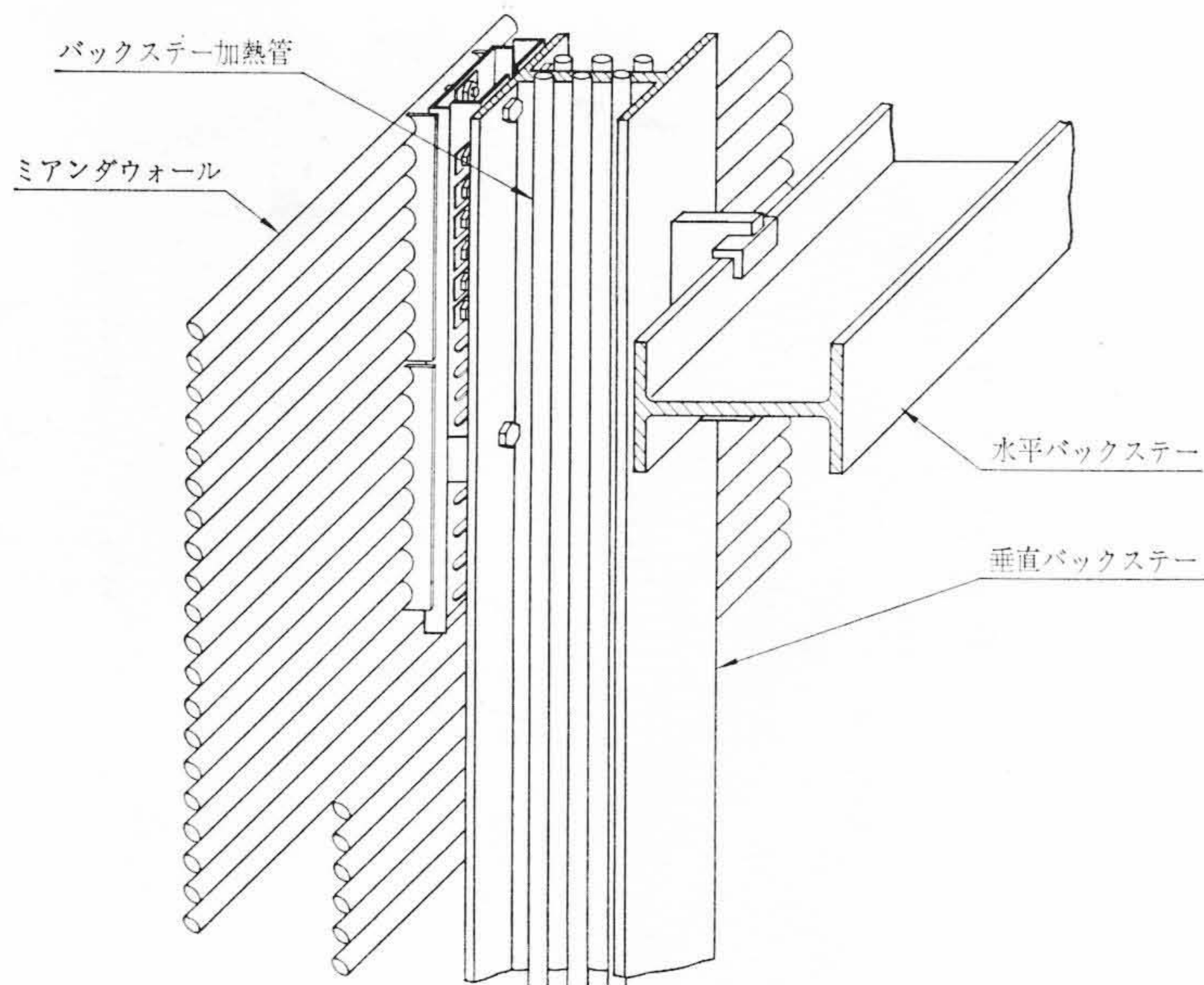
ミアンダウォールは、ドイツB&W社で開発され、わが国では前記新清水火力発電所1,2号缶で初めて採用された比較的新しい炉壁構造である。従来のベンソンボイラにおける炉壁管構成が多数の上下ヘッダを介し、それらヘッダを大径の降水管で連絡する、いわゆるレジスタ形またはアップアンドダウン形であり、構造が複雑であってガスタイト保持、運転保守面などからみて問題点が少なくなかったのに対し、このミアンダ形は次のような特長を有している。

(1) 加熱管は原則として上昇流のみであり、かつワンパスで炉壁を上昇する1系列式であり、降水管がないため圧力損失が比較的少ない。

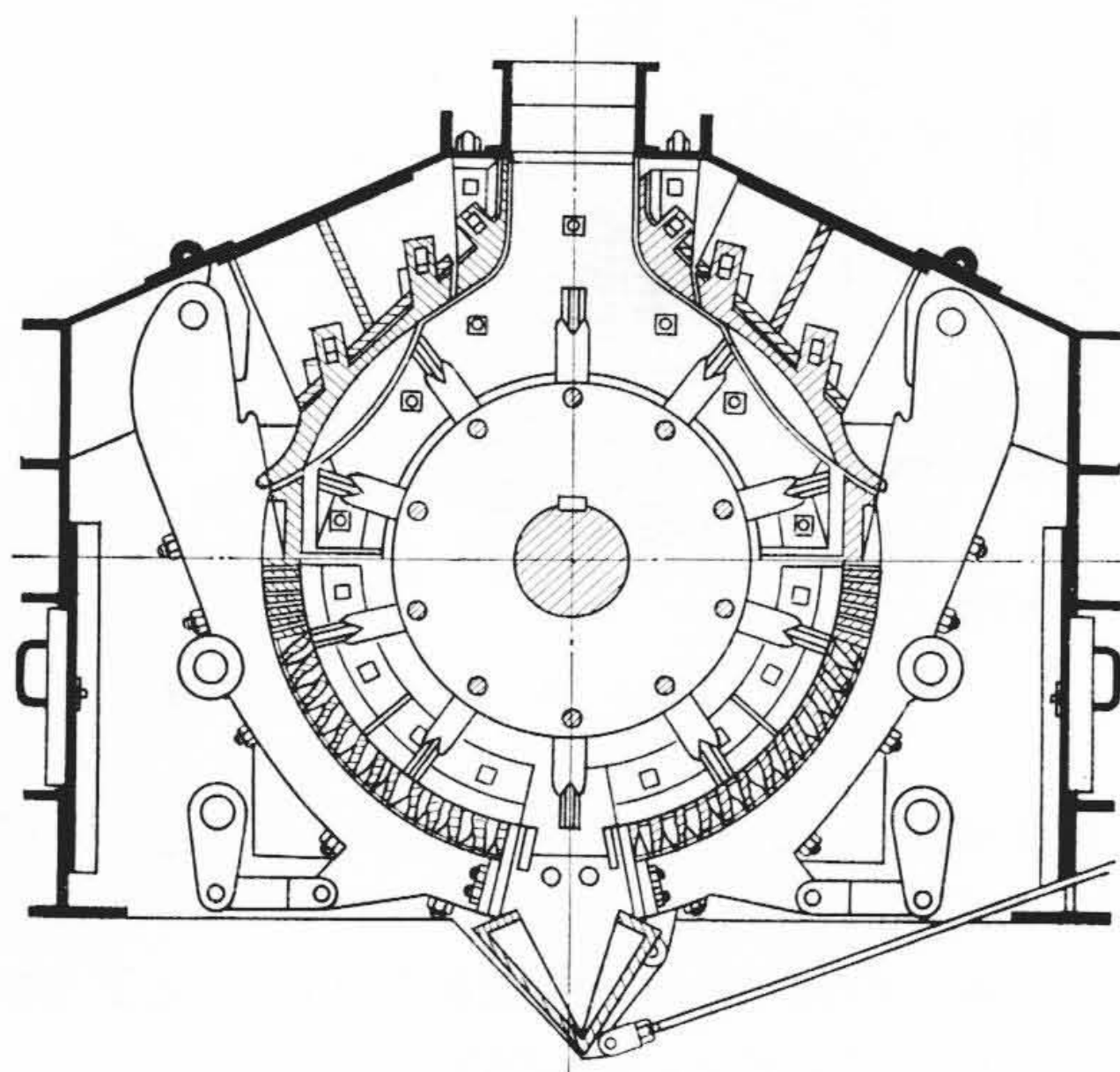
(2) 炉壁を構成する各チューブは、いくつかの管群に分けられて(本ボイラの場合は第5表に示す)、燃焼状態のいかにかわらわずできるだけ均一な熱吸収を受けるよう各並列管群の配置が考慮されているので、前項(1)の事由とあいまって、貫流流動の安定性が高く運転制御が安全かつ容易である。

第5表 ミアンダウォール管の構成

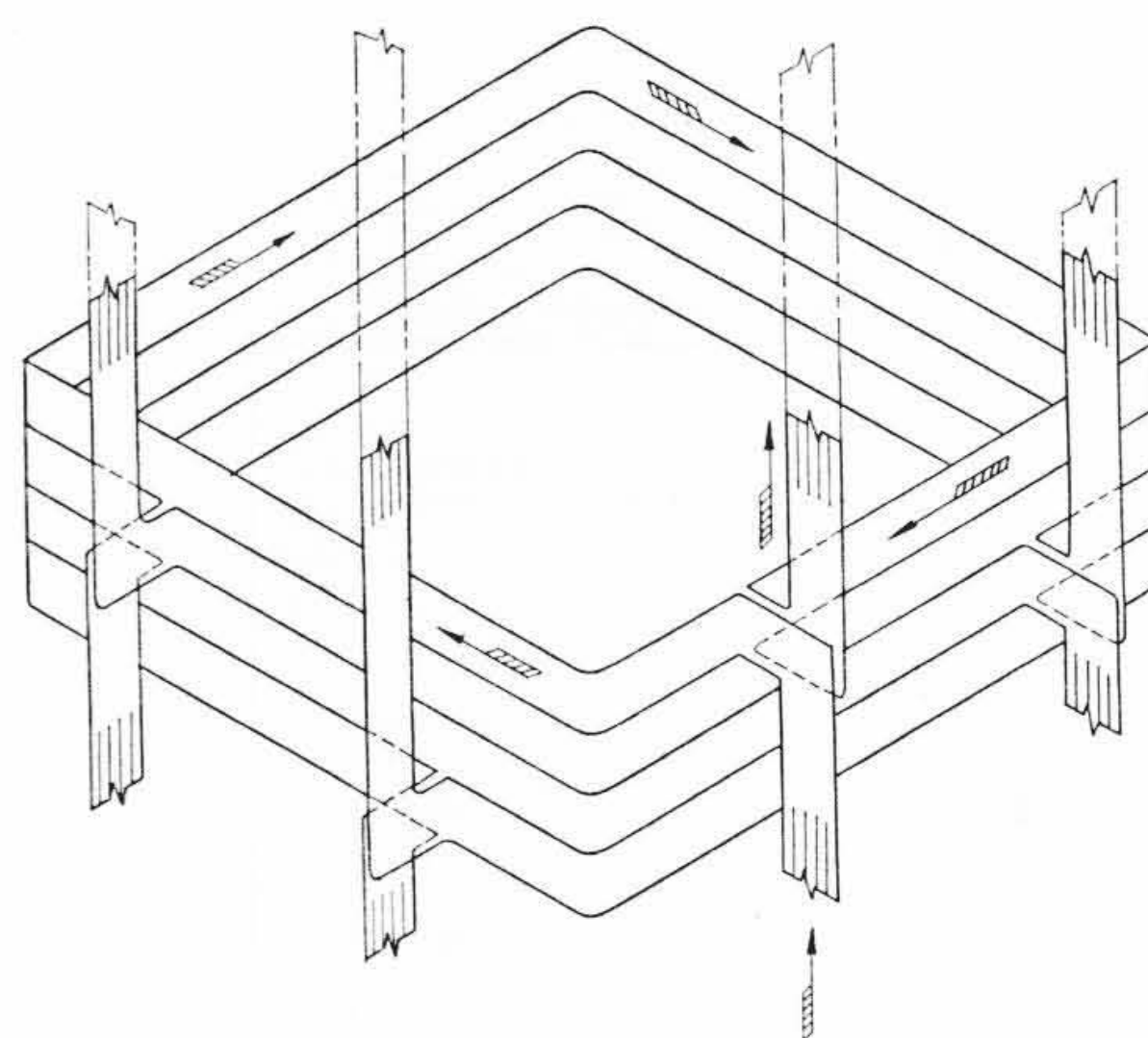
名称	材質	外径×肉厚 (mm)	並列管群数	管本数/並列管群	備考
水壁管(1)	STB42	38.0×5.0	4	24	下方半分はフルスタッド
水壁管(2)	STB42	45.0×6.0	4	24	
放射過熱器管	STBA12 STBA22	45.0×4.8	12	10	



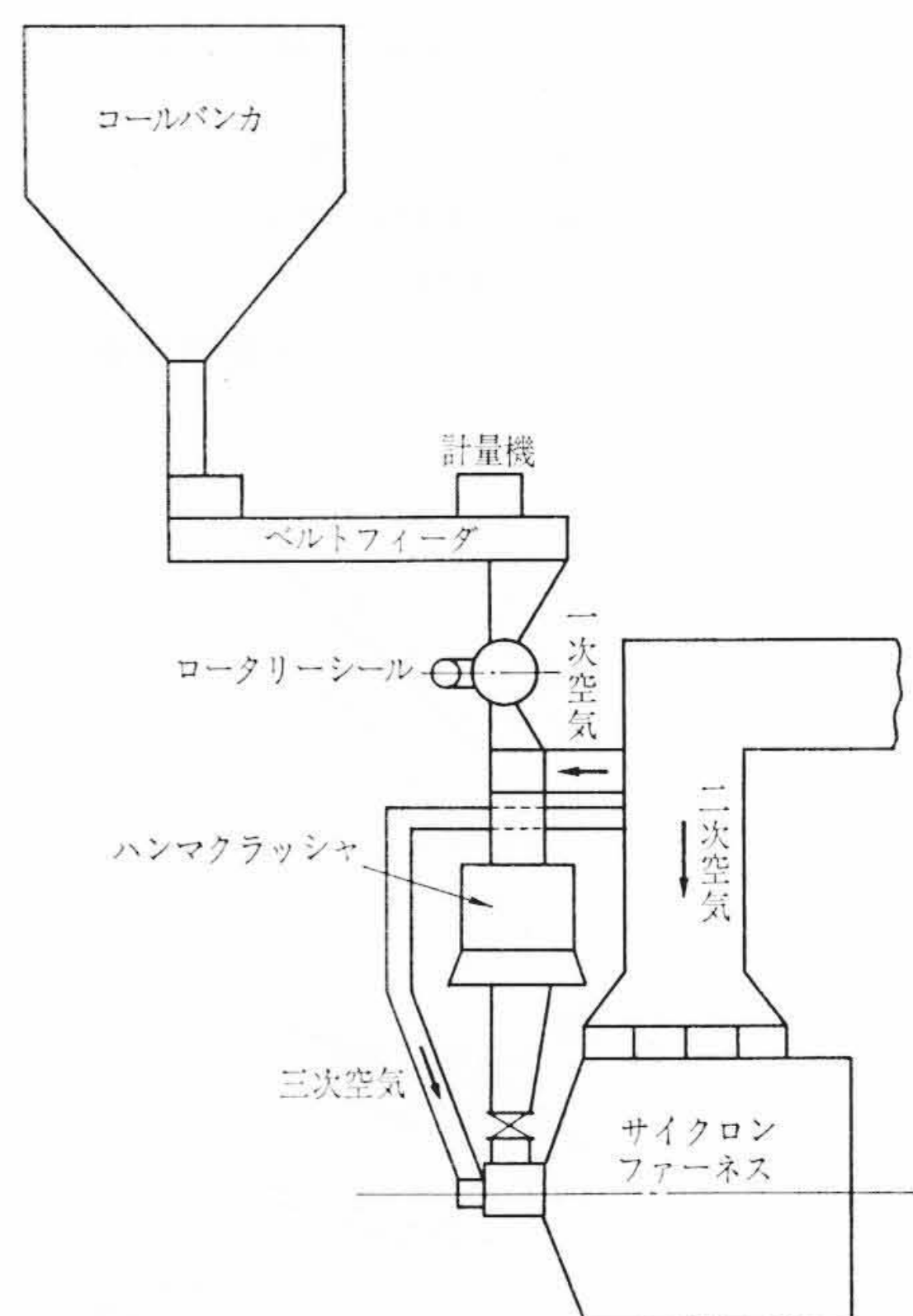
第12図 ミアンダウォールとバックステーの関係図



第15図 ハンマクラッシャ構造図



第13図 従来のミアンダウォール管構成



第14図 給炭系統図

(3) 各並列管はいずれも熱膨張に対して拘束のない構造となっているが、これらを支持し、かつボイラ荷重をつり下げている垂直バックステーについては、それら並列管との間の温度差から伸び差による構造的な無理が生ずるのを抑制するため、節炭器およびケーシング管にて加熱された給水が通るチューブを各垂直バックステーのウェブに沿って、上端から下端まで走らせてバックステーの加熱管としてある。なお強圧通風による約300mm水柱の炉内圧に対する炉壁の水平方向の強度を持たせるため、垂直バックステーの外側には要所要所に水平バックステーを取り付けている(第12図参照)。

(4) 火炉を含むボイラ全体は垂直バックステーおよび水平バックステーにより1個の箱体として組み立てられ、上部鉄骨からつり下げた懸垂式ボイラ構造を有し、熱膨張を下方に自由に逃がすよう配慮されている。また炉壁にはスキンケーシングを採用し、強圧通風に対処して完全なガスタイトを図っている。

なお、このミアンダウォール構造については、従来のものに対し種々の改良を加えているが、ことにバックステー加熱方式の変更に伴い炉壁管構成に大きな相違がある。すなわち従来は第13図に示すように各垂直バックステーは炉壁の各所でチューブの出入りがあったが、本ボイラでは第11図に示すようなすっきりした炉壁構造を有している。

3.4 給炭装置

第14図は本ボイラの給炭系統の概要を示したものである。ベルトフィーダにより、コールバンカから計量機下ホッパに送られた石炭は、ロータリーシール通過後、空気予熱器を経て送られてくる高温の一次空気とともにハンマクラッシャにはいる。石炭はここで粉碎される間に乾燥され、かつ鉄片など異物は除去されてサイクロンファーンネスに送入される。

なおロータリーシール、ハンマクラッシャには一次空気の正圧がかかるので、その軸受貫通部は、封入空気通風機(吐出風圧=1,600mmWg)からの空気によりシールし、高温の一次空気および炭じんの外部への漏えいを防止している。

ハンマクラッシャは、回転する63個のハンマと、回りのブレードブロックおよびケーシングとの間で石炭を粉碎する簡単な構造(第15図)であり、ハンマの偏摩耗に対処する逆転操作装置および過負荷検出用の低速スイッチ付の自動調心球形軸受などを備えて運転保守の便を図っている。

4. ボイラ起動停止装置

貫流ボイラはその起動時において、火炉壁管の保護に対して最小所要流量を確保するためになんらかの起動停止装置を必要とするが、本ボイラでは第16図に示すような過熱器バイパスを主体とする

起動バイパス系統を採用している。これは、前記新清水第1,2号缶のほか東京電力株式会社五井第2,4号缶および東北電力株式会社新潟第3号缶のUPボイラなどに広く採用され、すでに本誌上でも幾度か紹介されている起動停止方式と基本的にはまったく同様なものであるが、以下にはそのおもな特長をあげる。

(1) 起動のはじめには過熱器高圧止弁および過熱器減圧弁を全閉とし、ボイラ最小流量(約1/3 MCR)は、それ以降の過熱器をバイパスして循環される。ここで

(i) バイパス運転される過熱器および再熱器は再循環ガスの一部を火炉上部から送ってガステンパリングを行なうことにより保護される。

(タービン制御関係が複雑になるので再熱器冷却のための送気は行なわれない)。

(ii) ボイラ起動運転圧力は過熱器バイパス弁によって、その前圧を制御することにより行なわれるが、ボイラ内に蒸気が発生するまでは70 atgから定格圧力の170 atgまで、循環水の昇温に伴い運転圧力を変えてゆく、いわゆる低圧起動が行なわれる(第17図参照)。

(過熱器バイパス弁での低温高圧水の減圧時に発生する騒音および弁体損傷を押えることができる)。

(iii) 過熱器がボイリングアウトすると過熱器通気弁を開き、フラッシュタンク発生蒸気により、主塞止弁の上部シートドレン弁で主蒸気管のウォーミングを行なう。

(メタルマッチングまでの時間が若干短縮される)。

(2) 運転圧力を定格の170 atgに上昇させたのち、バイパス点流体が減圧後も湿り域にはいない程度に過熱状態になると、過熱器減圧弁およびタービンバイパス弁を開いてボイラ発生蒸気の一部を過熱器に通し、タービン通気条件を整える。ここで

(i) 過熱器減圧弁は主蒸気圧力を一定に設定(85 atg)する一方、タービンバイパス弁の遠隔操作により、過熱器流量を調節して蒸気温度の調整を行なう。

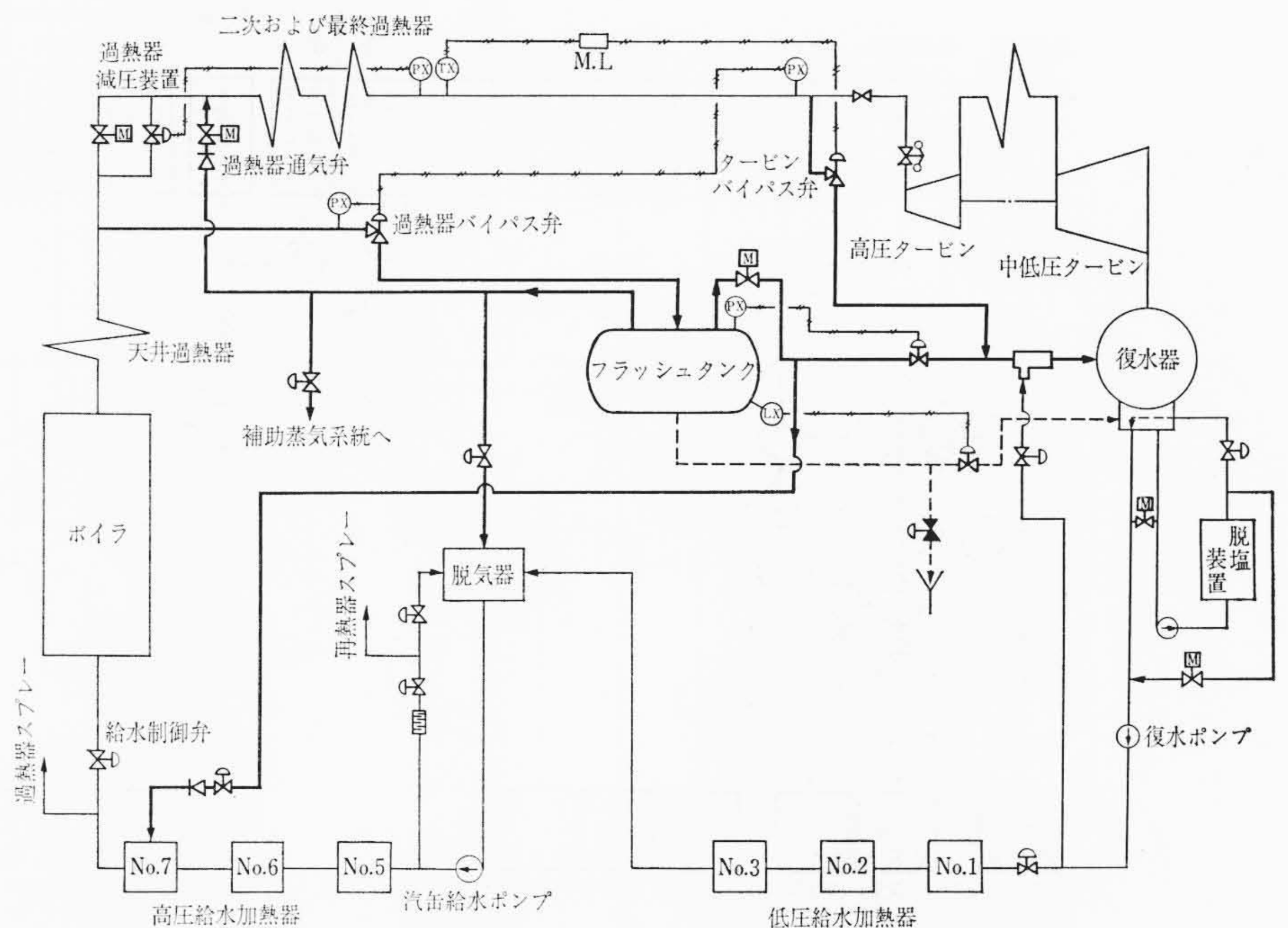
(メタルマッチングは容易にでき、かつ低圧蒸気によりタービン起動を行なうので、タービン高圧部での温度降下が少なく熱応力を減少できる)。

(ii) オーステナイト系管材を一部使用している過熱器には蒸気のみを通すので熱衝撃などの心配がない。

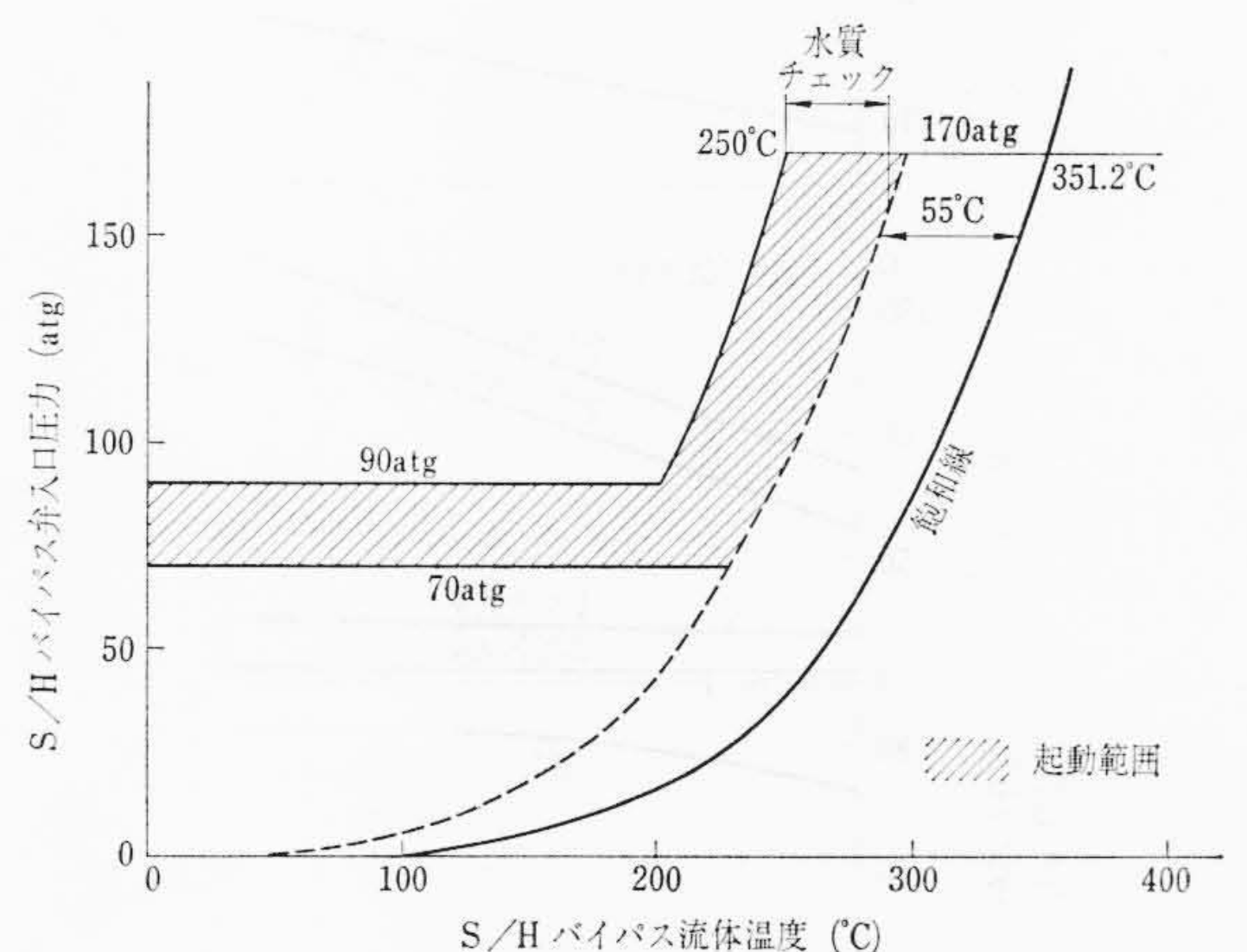
(3) ボイラ停止後、過熱器減圧装置を全閉して、過熱器を高温保持できる。このため

(i) 停缶後のタービングランドシールには過熱器の保有蒸気のほか、ボイラ側から過熱器減圧弁、さらにはフラッシュタンクを経て過熱器通気弁により、必要に応じて蒸気を補給し、主蒸気管から送気する。

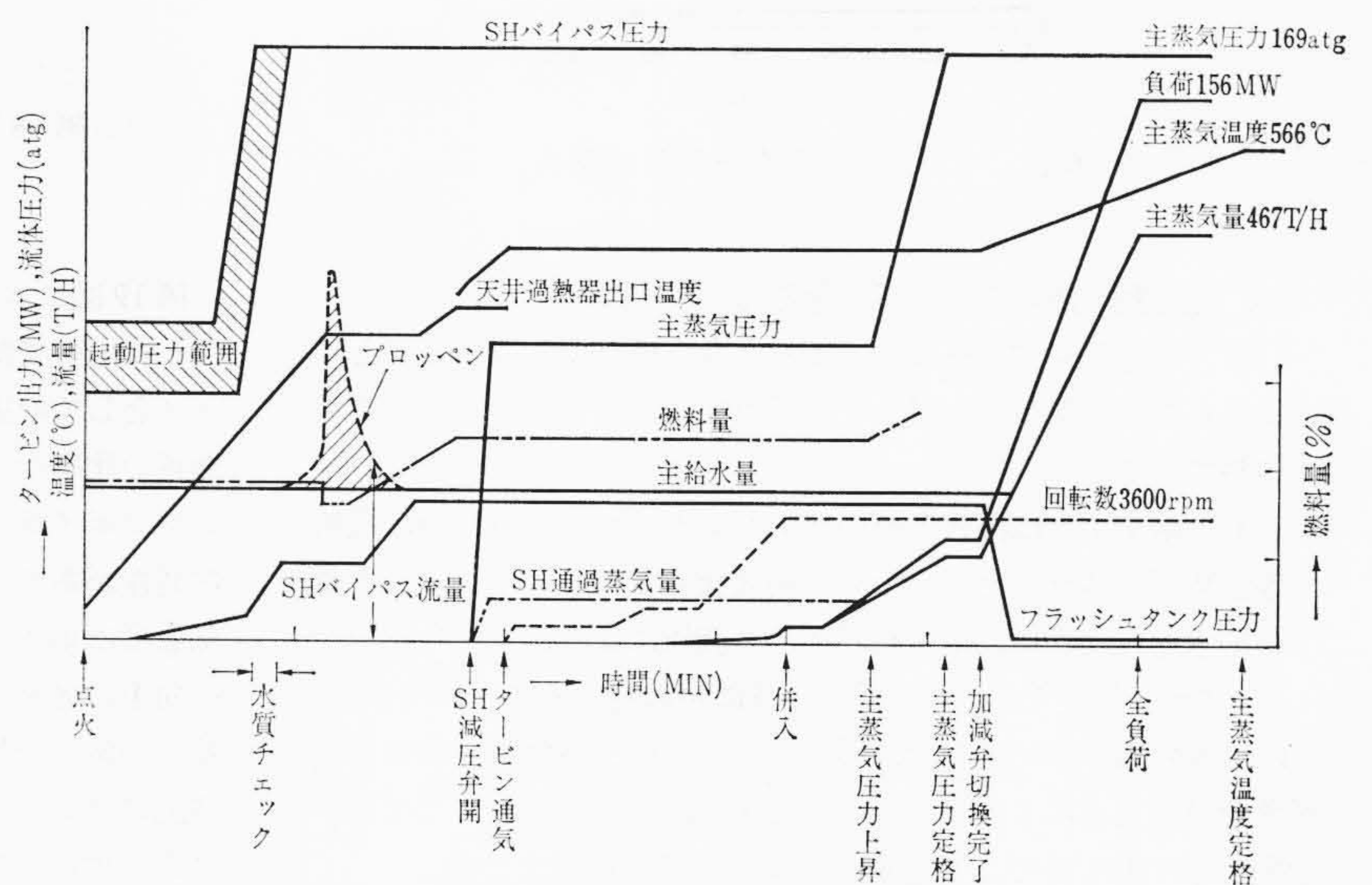
(過熱器のメタル保有熱を有効に使用して、比較的長時間にわたり復水器の真空を保持



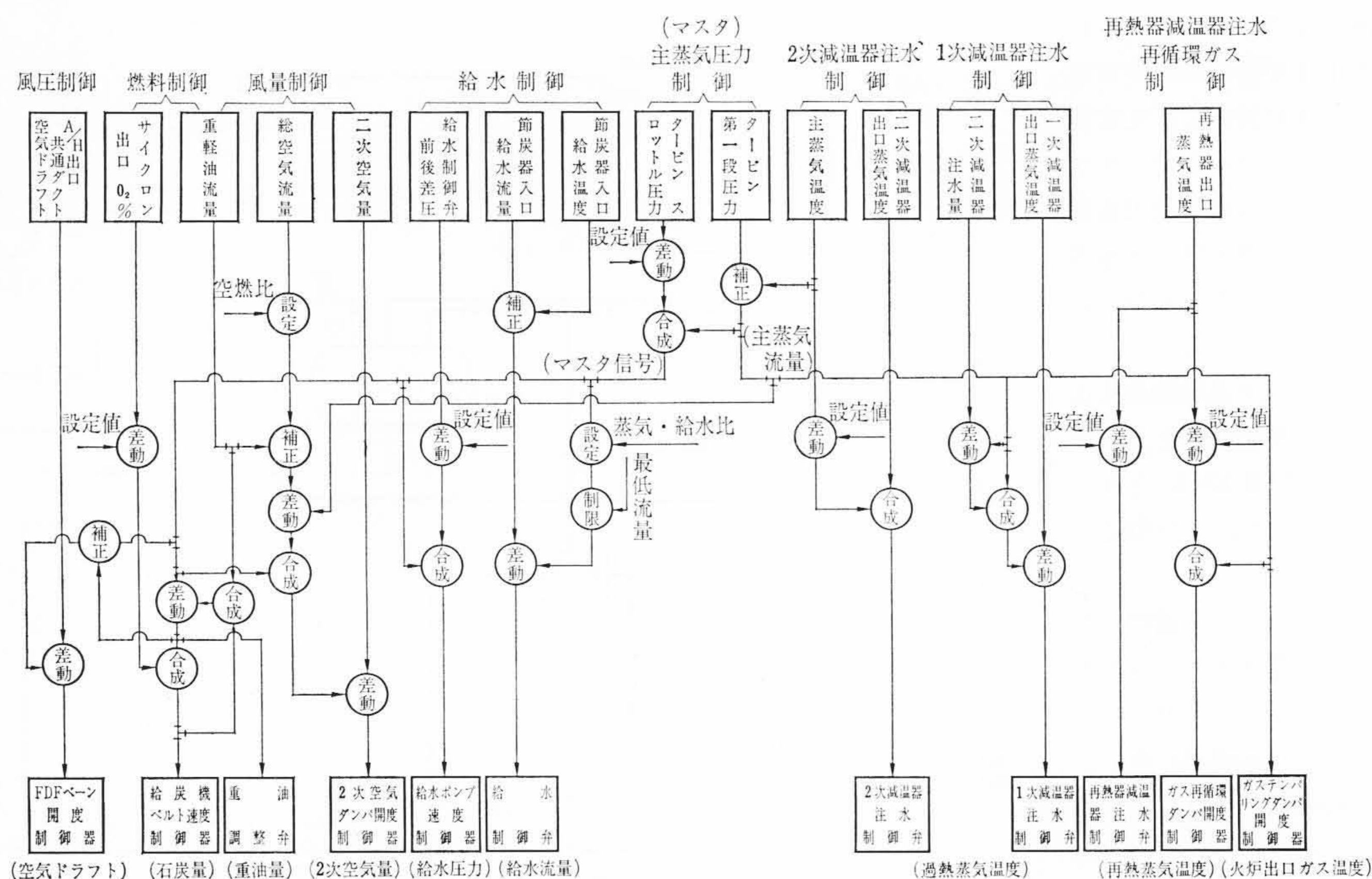
第16図 ボイラ起動停止装置系統図



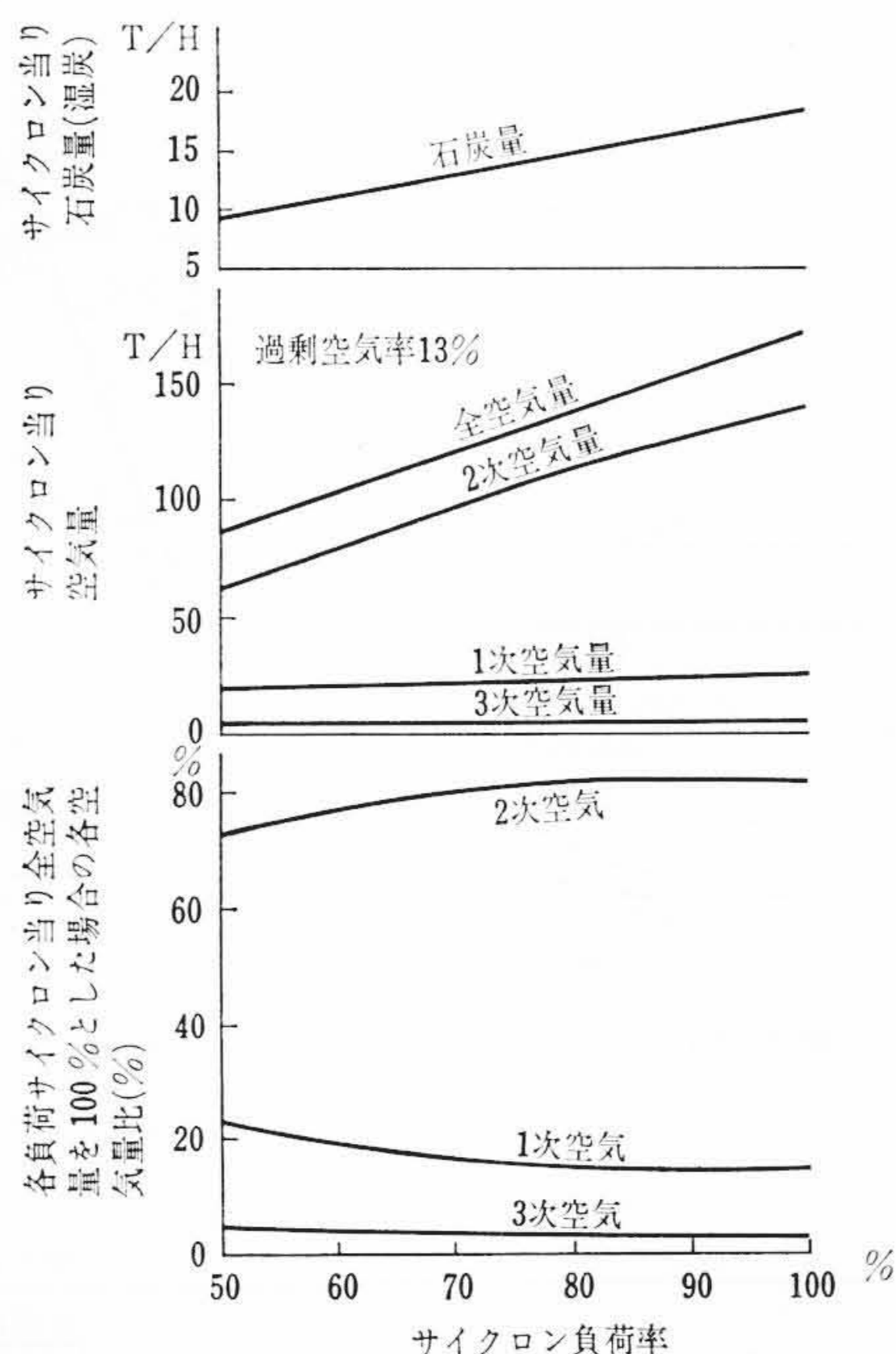
第17図 ボイラ圧力上昇曲線



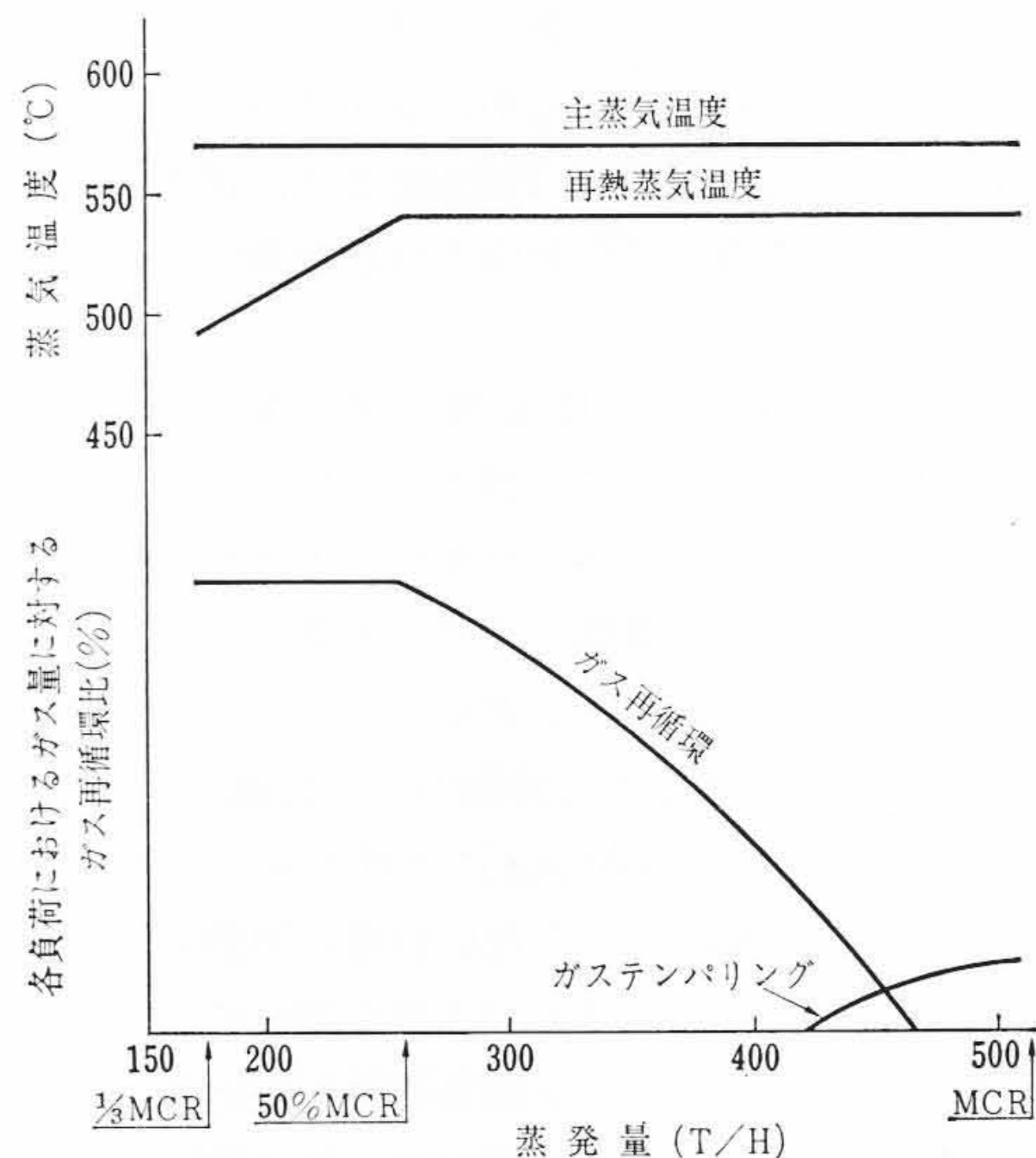
第18図 冷缶起動曲線



第19図 ボイラ自動制御系統図



第20図 サイクロン負荷と風量の関係



第21図 ボイラ負荷とガス再循環の関係曲線

なうことができる。

なお第18図に本ボイラの冷缶起動予想曲線を示す。

5. ボイラ自動制御装置

第19図は本ボイラの制御系統をブロック線図によりその概要を示したものである。本ボイラは強制貫流形式であるので、ボイラマスタとしての主蒸気圧力制御は、主蒸気流量を先行値として給水と燃料の比率を所定値に保つよう制御することにより行なわれる。ペensonボイラでは、蒸発完了点が固定されず過熱伝熱面の大きさに融通性があるので、この給水対燃料比率を変えることにより過熱蒸気温度はボイラの全負荷にわたって一定に保持され、プラント効率の向上に効果がある。また負荷変動時についても、この過熱伝熱面積の一時的な増減により蒸気温度のずれは最小限に押えられる。最終的には蒸気温度は注水量の変化により微細調整されるが、注水取り出し後の給水量と蒸気量の比率制御を行なっているので、注水量の変動によって生ずる給水対燃料比率のアンバランスが検討されることになり、すみやかにこれが修正され所定の運転状態に復元する

し、再起動に備えることができる)。
(ii) 再起動時はタービンバイパス弁と燃料を加減することにより必要な蒸気温度を得ることが可能で、メタルマッチングが容易である。
(iii) 本ボイラは湿式燃焼のペensonボイラであるため、汽缶停止時炉内スラグ冷却のために消火後もしばらくの間、若干量の給水を行なうが、本起動バイパス装置により、なんら支障なく、これを遂行し、かつ前述のように再起動することができる。
(4) 過熱器バイパス弁は、通常運転中には、主塞止弁前の圧力が危急遮断などにより異常上昇した場合、安全弁に先んじて逃がし弁として働くので、安全弁保守に有利である。
(5) 過熱器減圧弁を使用することにより、据付試運転時の主蒸気管および再熱蒸気管のブローイングアウトを容易かつ有効に行

ことができる。

本ボイラには2段注水方式が採用されており、主蒸気流量に対して第1段で5%、第2段で2%、合計7%の常時注水が行なわれるが、これは次のように制御される。すなわち、第2段注水量はその出口（最終過熱器入口）の蒸気温度を先行値として主蒸気温度により最終制御されるが、この流量が2%になるよう上流側の第1段注水によりその出口（二次過熱器入口）の蒸気温度を調整する一方、

$$\text{主蒸気流量(100\%)} = \text{給水量(93\%)} + \text{注水量(7\%)}$$

というバランスの変化および主蒸気圧力の変動に応じて給水および燃料が調整され、注水量は7%に保持される。なお給水量はまず給水制御弁で制御され、その前後差圧が所定の一定値になるよう給水ポンプが速度制御されるので、上記制御がそれぞれ流量および圧力をフィードバックして行なわれることと相まってきわめて良好な追従性が得られる。

空気量は、燃料と併行してマスタにより制御されるが、一次および三次空気はそれぞれ全空気量の約15%および5%前後に保持されており、制御は行なわれていないので、残り80%程度の二次空気量をサイクロン円筒部入口に設けられたダンパにより、サイクロン負荷に応じて、FDFベーンによる風圧制御とともに所要流入速度を確保しながら風量制御が行なわれる（第20図参照）。

本ボイラにおいても、他のB&Wボイラと同様にガス再循環フ

ァンを有し、これにより再熱蒸気温度制御のほか、ボイラ高負荷時および起動時の火炉出口ガス温度の抑制などボイラの安全運転が可能になっている（第21図参照）。また本ボイラはガス再循環ファンを2台設けているが、再循環ガス量が比較的少なくなるボイラ高負荷時には、1台を休止し補機動力の節減を図ることも可能なよう配慮してある。

なおボイラトリップ条件としては、給水流量低、給水圧力低など貫流ボイラ特有のものがある。

6. 結 言

本ボイラは1966年秋に運転開始されることになっているが、国産としては最初のサイクロンファーンネス・ベンソンボイラで、その真価を十分に発揮するものと確信している。

終わりに臨み、現在本ボイラの計画設計はそのほとんどを完了し、着々と製作が進められている段階にあるが、今まで計画途上において、種々適切なご指示とご協力をいただいた九州電力株式会社の関係者のかたがた、および国内唯一の既設アメリカ式サイクロンファーンネスボイラの使用者であり、かつ本ボイラと同様三池炭を使用した貴重な運転実績を提供され、ご協力いただいた三井化学工業株式会社大浦発電所のかたがたに対しここに深甚な謝意を表する次第である。

Vol. 47

日 立 評 論

No. 9

目 次

■ 論 文

- ・パッケージ形ガスタービンとその応用
- ・大阪市清掃局納 2,700 kW タービン
- ・新標準中容量全閉外扇かご形三相誘導電動機
- ・日立ターボ冷凍機用三相誘導電動機
- ・日立E形エスカレーンとその特長
- ・全固体化1,500 Mc 帯 10 W FM 無線電話装置
- ・半導体集積回路の概要と試作物の特性
- ・数値制御指令装置 HIDAM 8060
- ・鋼中水素の炉中分析法

- ・機械的にビームチルトをかけたアンテナの指向性

■ 圧延機特集

- ・変形抵抗と圧延荷重
- ・形鋼、圧延における所要動力の計算について
- ・八幡製鉄株式会社堺製鉄所納条用分塊圧延設備
- ・住友金属工業株式会社小倉製鉄所納連続鋼片および線材圧延設備
- ・油圧圧下式圧延機
- ・東海製鉄株式会社納2タンデム調質圧延設備

発行所 日立評論社

東京都千代田区丸の内1丁目4番地

取次店 株式会社 オーム社書店

振替口座東京 71824 番

東京都千代田区神田錦町3丁目1番地

振替口座東京 20018 番