

超臨界圧貫流ボイラプラント

Once-through Boiler Plant of Super-critical Pressure

中 崎 豊 一 郎* 利 部 浩**
 Toyoichirô Nakazaki Hiroshi Kagabu

要 旨

超臨界圧火力はわが国においても今後ますます採用されることになると思われるが、この論文は日立製作所がこれまで行ってきた超臨界圧テスト装置における実験成果の二、三について述べ、またパブコック日立株式会社が製作するUP形超臨界圧ボイラの納入実績、およびボイラの構造、特長、ボイラとカップルするプレボイラ系統の特長などについて述べ、超臨界圧ボイラプラントに対する日立製作所の製作態勢を示すものである。

1. 緒 言

火力発電の使命は高温高压大容量化による経済的な発電にあるが、その理想的な形式である超臨界圧の採用はわが国においても輸入とはいえ、その建設が開始され、今後ますます採用されるものと思われる。日立製作所においては早くから、このことあるを予期し数年前からその設計製作技術の基礎を固めるため、各方面にわたって試作研究を重ねてきた。ここではその二、三について紹介するとともに、パブコック日立株式会社が技術提携をしているB&WのUP形超臨界圧貫流ボイラの実績とそのボイラの構造および特長について述べ、さらにプラントとしてクローズカップルされているプレボイラの特長について述べる。

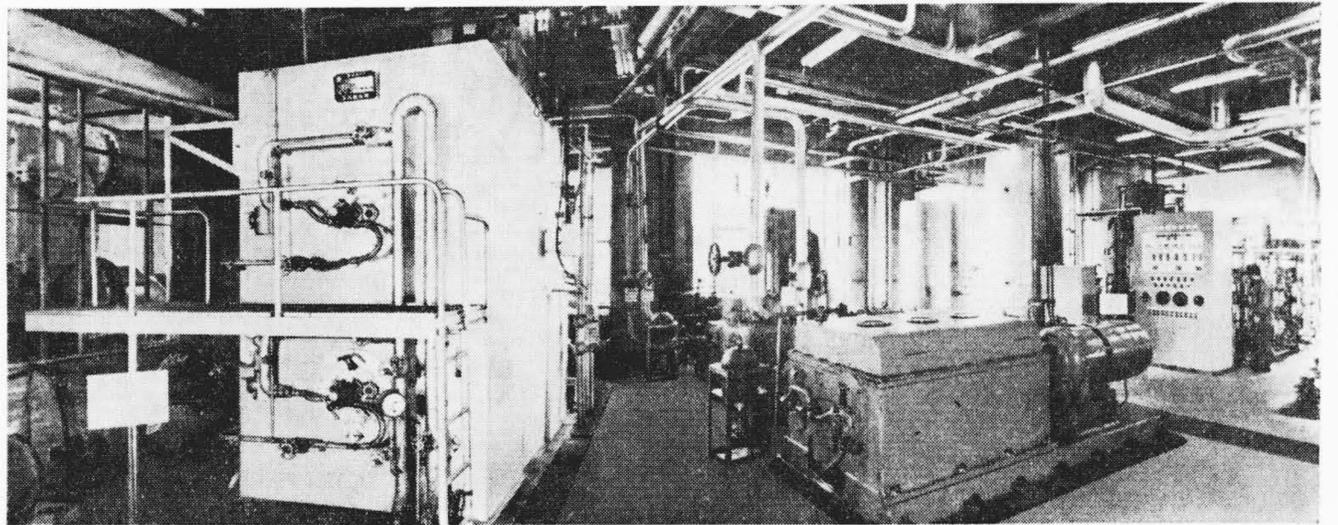


図1 超臨界圧実験ボイラと給水ポンプ

2. 超臨界圧実験プラントによる成果

日立製作所は昭和32年に超臨界圧火力についての調査研究に着手し、昭和34年には早くも他に先きかけて実験プラントの建設を開始し、昭和35年10月に火入れを行ない現在までに約9,000時間の研究運転を行ない、数々の成果を内外に発表してきた⁽¹⁾⁽²⁾。表1はその超臨界圧実験プラントの主要機器の仕様、図1はその装置を示す。なおおもな研究成果を次に記す。

(1) 伝熱流動の研究

図2は超臨界圧水の熱伝達率についての実験結果を示す。この図からわかるように超臨界圧水の熱伝達はきわめてよく、ある温度で極大値を示す。この温度はその圧力の定圧比熱が極大となる擬遷移点とほぼ一致する。この熱伝達率が擬遷移点付近で急激に増大するのは超臨界圧においても沸騰類似現象があるためと思われる。

(2) デポジットの研究⁽³⁾

ボイラ管内デポジットの研究とタービンブレードへの銅のデポジットの研究を行なったが、ここでは後者について述べる。アメリカ初の超臨界圧プラントの第1号であるPhiloでは高压タービンに銅が付着して6%効率が低下したという問題が発生した。このため超臨界圧蒸気の中に溶解する銅の量およびその析出が問題となった。これを解明するために銅の蒸気中への溶解度とブレードへの析出の実験を行なった。図3に示すように超臨界圧から

表1 超臨界圧実験プラントの主要機器仕様

ボイラ		
形 式		並列ベンソン式
蒸 気 圧 力		350 kg/cm ² G
蒸 気 温 度		650℃
最 大 蒸 発 量		2 T/H
タービン		
形 式		DR形1段減速タービン
主 蒸 気 圧 力		37 kg/cm ² G
主 蒸 気 温 度		400℃
最 大 出 力		200 kW
回 転 数		5,959/1,500 rpm
発 電 機		
形 式		S-RD
定 格 容 量		212.5 kVA
電 圧		3,300 V
回 転 数		1,500 rpm

真空まで10段にわたって圧力温度を落としたノズルを並べ、これに銅の溶解した蒸気を流してその析出状態を調べた。その結果銅は超臨界圧より130 kg/cm²g付近までにいちばん多く析出した。また付着量の多いのはノズルの絞り部およびノズルを出た後の膨張部であった。同時にこの一連の実験で図4に示すような銅の蒸気中への溶解度を知ることができた。銅の溶解度は蒸気の比体積を縦軸にとり、溶解度を横軸にとると最大溶解度はほぼ直線となる。たとえば246kg/cm²g 538℃では18PPbまで溶解することがわかる。これが高压タービンである程度仕事をして130 kg/cm²近辺になると2~3 PPbとなり、この溶解度が減少した分がタービン高压部にデポジットするものと考えられ、これにより効率の低下、スラストの増加をきたす原因となってくる。したがって後述のようにサイクル全体として給水中の銅が少なくなるような材料の選択が望まれてくる。

* 日立製作所本社

** パブコック日立株式会社

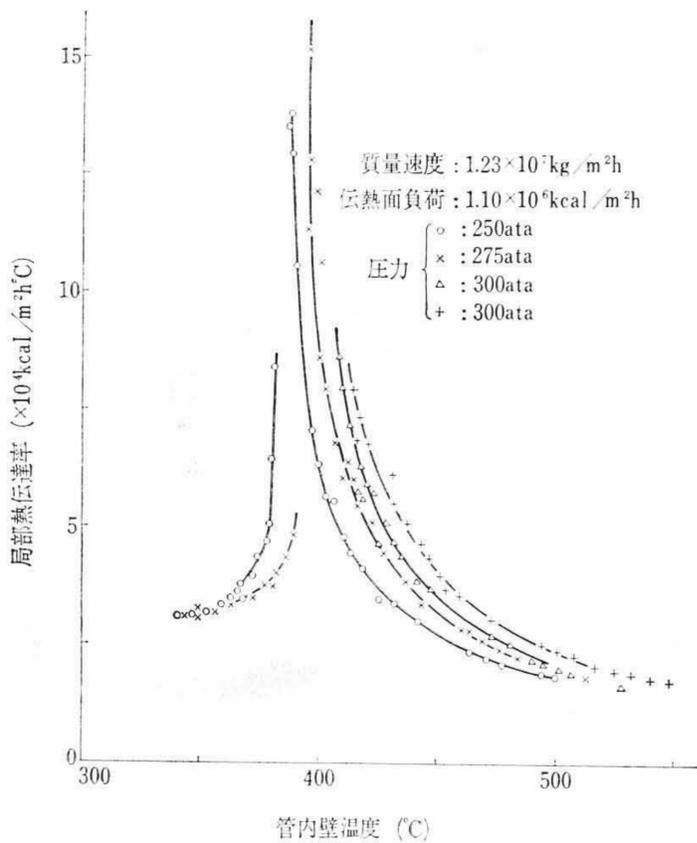


図2 超臨界圧水の熱伝導率

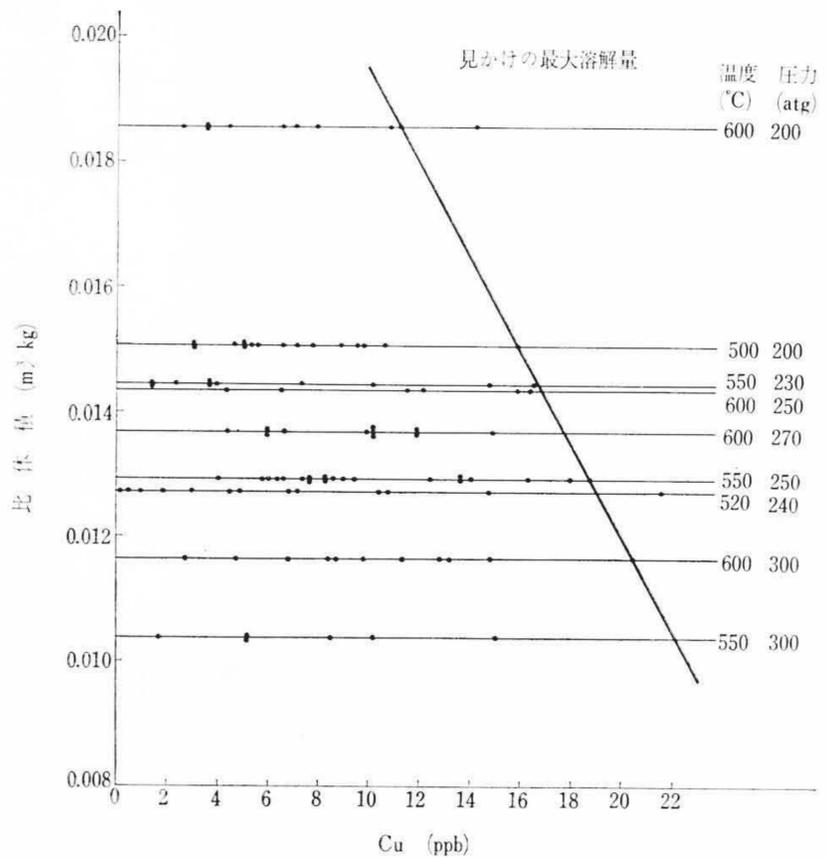


図4 過熱蒸気中への銅の溶解

ミネについて

⑥材料の研究: 10,000時間運転後にテストセクションを切断して調査する。

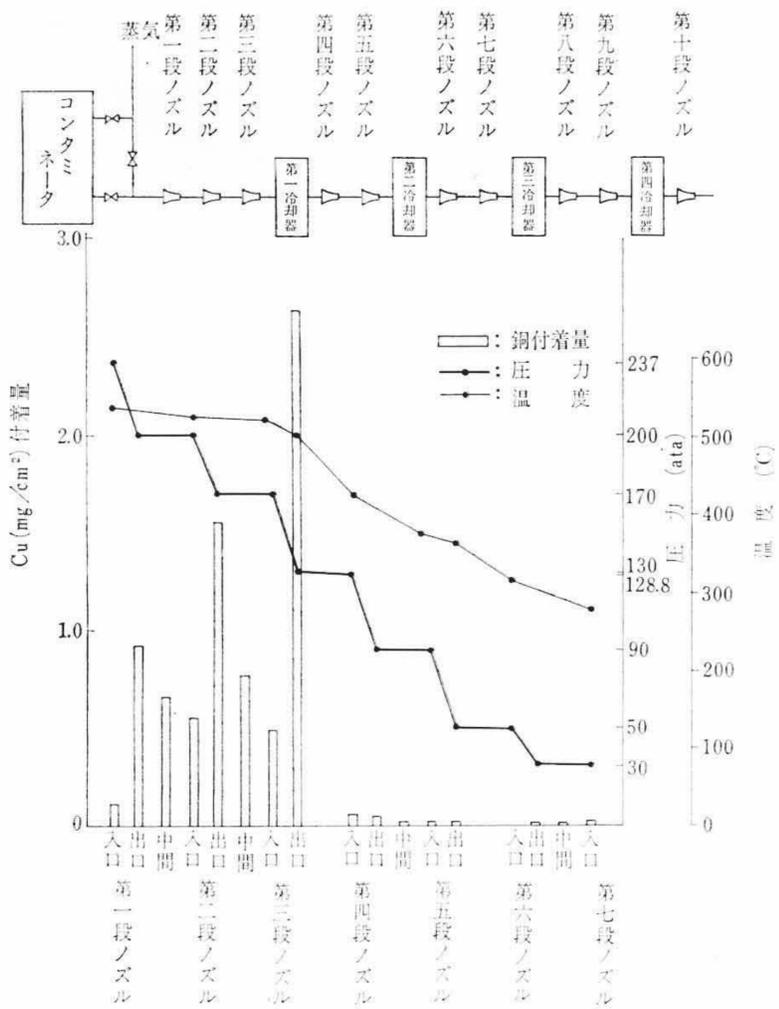


図3 タービン内銅酸化物析出試験結果

3. B & W 超臨界圧ボイラの現状

全世界を通じて採用されている超臨界圧ボイラの中、バブコック社で納入したものがたいはんを占めている。イギリスにおける Drakelow C の 375 MW など含まれるが、大部分はアメリカ B & W 社によって納入された UP ボイラ (Universal Pressure Boiler) である。表 2 は超臨界圧 UP ボイラの納入表である。

この表より傾向を見ると、容量としては試験的に建設された UP-1 Philo 107 MW は例外として 330 MW から 1,130 MW の広い範囲におよびその平均容量は 515 MW になる。わが国に比べ燃料費の安いと思われるアメリカにおいて 330 MW 近辺の超臨界圧ボイラが採用されていることは、今後のわれわれの進むべき道の一つを示していると思われる。

一方、蒸気条件を見ると主蒸気は 3,500 psi, 1,000°F が大部分でこれは現在の材料価格に基づいた経済性からできるだけオーステナイト鋼の節約を図ったものと思われる。

再熱段数も従来亜臨界圧プラントにほとんど採用されていなかった 2 段再熱が約 42% のプラントに採用されていることは、興味深いことである。

使用燃料としては約 70% は石炭だきボイラであり、残りは重油またはガスだきである。

受注状況は 1953 年の Philo PS 以来約 10 年間は缶数もきわめて少なかったが、1963 年以降毎年 10 缶以上順調に受注されており大容量ボイラは完全に超臨界圧時代にはいった感がある。

すでに国内においても 450 MW ないし 600 MW の大容量超臨界圧ボイラが採用されており、図 5 は現在建設中の東京電力株式会社納 600 MW UP ボイラ⁽⁶⁾の断面を示したものである。

4. 超臨界圧ボイラの構造⁽⁷⁾

図 6 にイギリス B & W 社により納入された 375 MW 超臨界圧ベンソンボイラの断面を示す。火炉構造はすでに国内で運転にはいつている新清水火力発電所 75 MW ベンソンボイラと同じミアンダー

(3) その他の研究

前記のほかここには詳細は省略するが次に述べるような研究を行ってきた。

- ①動特性の研究⁽⁴⁾: 超臨界圧, 亜臨界圧条件における燃料, 給水, 注水変化に対する動特性
- ②偏流の研究⁽²⁾: 圧力, 給水量, 熱負荷, 空気過剰率の偏流に及ぼす影響について
- ③ボイラ制御の研究⁽⁴⁾: 通常の制御方式, および並列制御方式について
- ④プロッペン⁽⁵⁾の研究⁽⁵⁾: 理論の確立と実験的検討
- ⑤給水処理の研究: 給水処理装置, 特にフィルタなしデ

表2 アメリカ B & W 超臨界圧 UP ボイラ納入実績表

UP No.	発電所名	ユニット (基)	タービン出力 (MW)	タービンメーカー	蒸発量 (10 ³ LB/H)	蒸気条件		燃焼方式	運開年
						圧力 (PSIG)	温度 (°F)		
1	OHIO POWER PHILO	1	(107)	GE	675	4,500	1,150-1,050-1,000	サイクロン	1957
2	INDIANA & MICHIGAN ELE. BREED	1	450	GE	2,900	3,500	1,050-1,050-1,050	サイクロン	1960
3	OHIO POWER, PHILIPSPORN	1	450	GE	2,900	3,500	1,050-1,050-1,050	微粉炭	1960
9	INDIANA & MICHIGAN ELE, TANNERS CREEK	1	577	GE	3,840	3,500	1,000-1,025-1,050	サイクロン	1964
12	PUBLIC SERVICE E & G HUDSON	1	(420)	WH	2,450	3,500	1,000-1,025-1,050	サイクロン, 重油	1964
15	POTOMAC ELECTRIC CHALK POINT	2	(2×335)	GE	2×2,500	3,500	1,000-1,050-1,000	微粉炭, 重油	1964
19	UNION ELECTRIC SIOUX	1	500	GE	3,290	3,500	1,000-1,000	サイクロン	1965
20	UNION ELECTRIC SIOUX	1	500	GE	3,290	3,500	1,000-1,000	サイクロン	1965
21	EDISONVOLTA ITALY LA SPEZIA	1	(600)	WH	4,100	3,500	1,000-1,025-1,050	微粉炭	1966
22	BALTIMORE G & E WAGNER	1	(330)	WH	2,133	3,500	1,000-1,000-1,000	微粉炭	1966
23	PACIFIC G & E MOSS LANDING	2	(2×750)	GE	2×4,540	3,500	1,000-1,000	重油, ガス	1966
24	SOUTHERN CAL ALAMITOS	2	(2×450)	WH	2×3,534	3,500	1,000-1,000	重油, ガス	1965-1966
25	CITY OF LOSANGELES HAYNES	2	(2×330)	GE	2×2,060	3,500	1,000-1,025-1,050	重油, ガス	1966
27	HOUSTON LIGHTING BACLIFF	2	(2×450)	WH GE	2×3,260	3,500	1,000-1,000	ガス(将来重油)	1966
28	OHIO POWER CARDINAL	2	(2×615)	GE	2×3,840	3,500	1,000-1,025-1,050	微粉炭	1966
29	NORTHERN INDIANA BAILEY	1	(365)		2,584	3,810*	1,000-1,000	サイクロン	Mid 1968
31	TOKYO ELEC. ANEGASAKI	1	600	GE	4,300	3,500	1,000-1,050	重油	1967
32	SOUTHERN CAL REDONDO BEACH	2	(2×450)		2×3,481	3,500	1,000-1,000	重油, ガス	1967
33	CONSUMERS POWER JAMES H.	1	(375)		2,550	3,500	1,000-1,000	微粉炭	1967
35	POTOMAC ELEC.	2	(2×335)		2×2,500	3,500	1,000-1,050-1,000	微粉炭, 重油	1968
36	NORTHERN STATES ALLEN KING	1	(550)		3,841	3,500	1,000-1,000	サイクロン	1968
38	NEW ENGLAND G. E. A. SERVICE CORP. CANAL	1	(550)		3,720	3,825*	1,000-1,000-1,000	重油	Mid 1968
40	TEXAS POWER & LIGHT CO. VALLEY	1	531		3,980	3,500	1,000-1,000	天然ガス	
41	GEORGIA POWER CO. HARLEE BRANCH #3	1	(480)		3,382	3,500		微粉炭	
43	CONFIDENTIAL	1	580		4,035	3,600	1,000-1,025-1,025	微粉炭	
44	ALLEGHENY POWER SYSTEM, INC. FORT MARTIN #2	1	540		4,000	3,810*	1,000-1,000	微粉炭	Mid 1969
45	MISSOURI PUBLIC SERVICE CO. SIBLEY #3	1	(350)		2,580	3,810*	1,000-1,000	サイクロン	
46	OHIO EDISON CO W.H. SAMMIS #6	1	(600)		4,420	3,675*	1,000-1,000	微粉炭	
47	SOUTHERN CALIFORNIA EDISON CO. FOUR CORNERS #4, #5	2	(2×750)		5,754	3,660*	1,000-1,000	微粉炭	
49	T. V. A.	1	(1,130)		8,000	3,650*	1,000-1,000	サイクロン	
52	NEW ENGLAND POWER CO., BRAYTON POINT STATION	1	630		4,050	3,800	1,000-1,025-1,050	微粉炭	1969
53	DAYTON POWER & LIGHT CO.	1	600		4,400	3,805*	1,000-1,000	微粉炭	1970
54	DAYTON POWER & LIGHT CO.	1	600		4,400	3,805*	1,000-1,000	微粉炭	
55	GEORGIA POWER CO. HARLEE BRANCH STATION	1	545		3,570	3,625*	1,000-1,000	微粉炭	1969
合 計		43							

* 過熱器出口圧力
() 内出力は CAPABILITY.

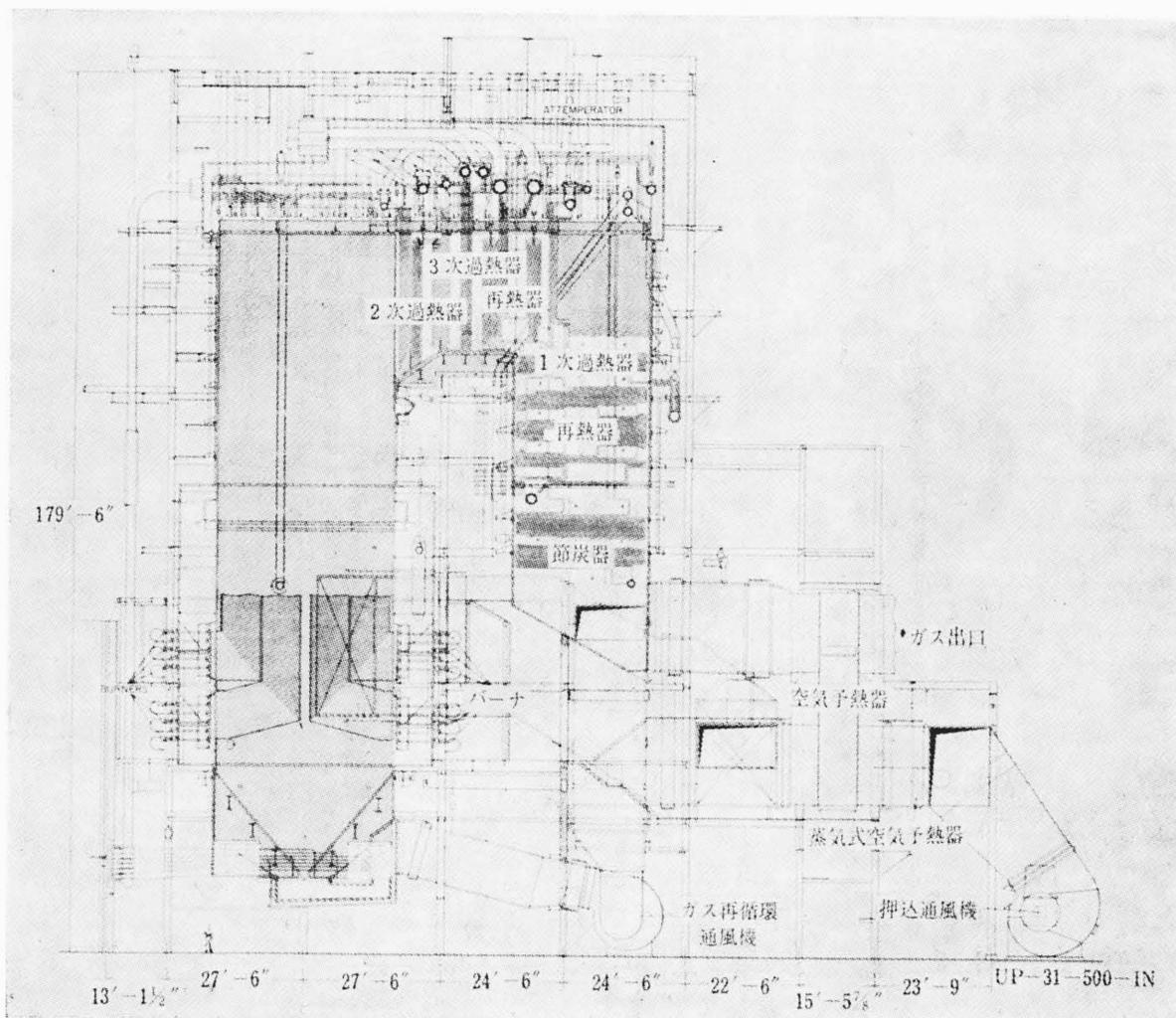


図5 600 MW UP ボイラ

方式を採用している。

以下主として、ペンソンボイラの系列であるが特に大容量ボイラとして開発された UP ボイラについて説明する。

(1) UPボイラの流体経路

図5に標準的な超臨界圧 UP ボイラの断面を示す。流体経路は亜臨界圧 UP と大差なく、節炭器→連絡管→火炉水壁管→連絡管→火炉天井→連絡管→再熱器および一次過熱器を囲むケーシング部→連絡管→一次過熱器→連絡管→二次過熱器となる。連絡管はいずれもボイラ外部に配置された非加熱管であり、流体温度の不均一を防止する混合器としての役目を果たしている。これらの系統は大容量のものでも1系統の簡単なもので、ドラムボイラと大差ない。

(2) 火炉系統

燃焼方式のいかんにかかわらずバーナを前後壁に向いあって配置した対向燃焼とし、燃焼効率の向上と火炉周壁の熱負荷の均一化を図っている。

火炉流体経路については図7に示す

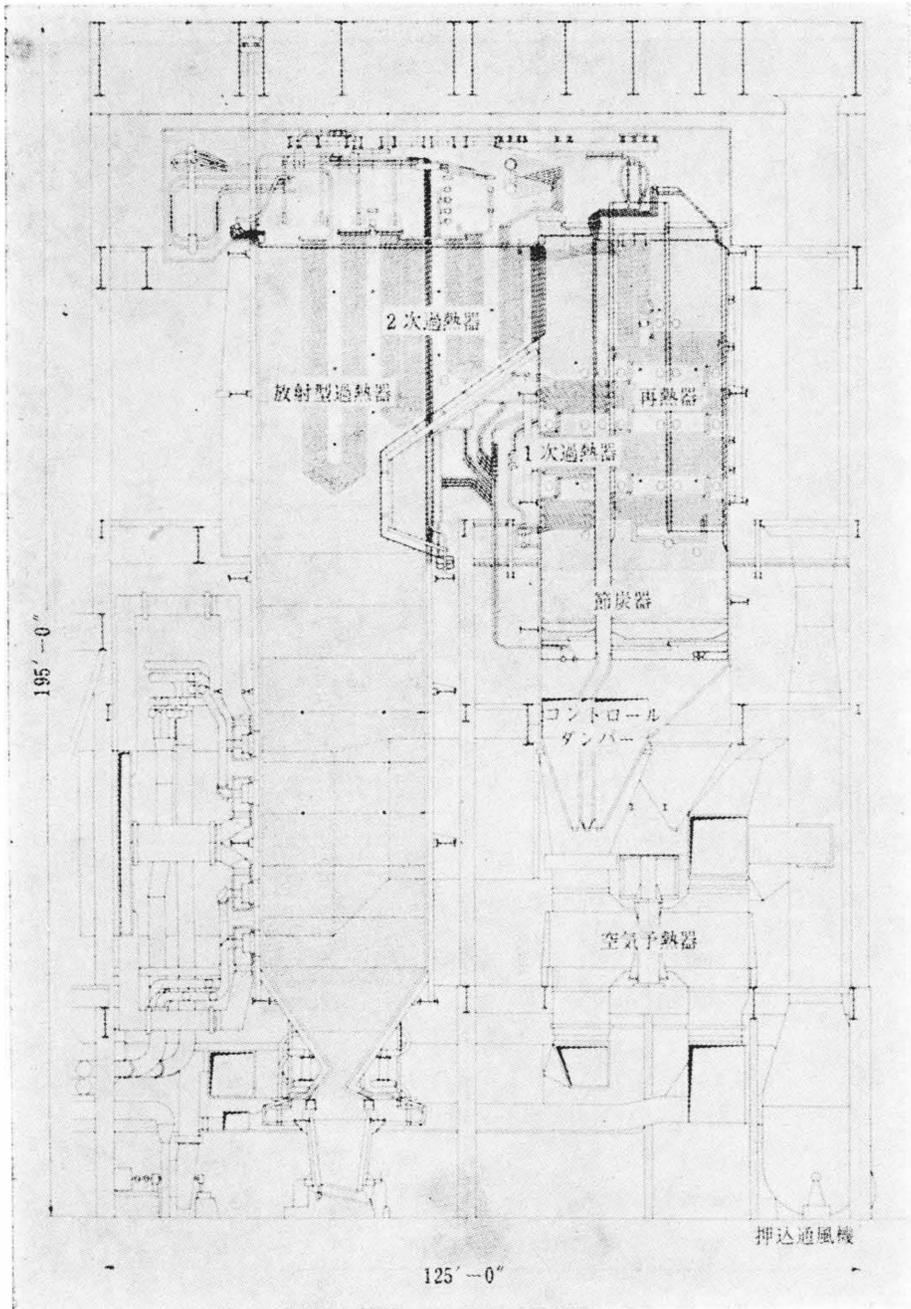


図6 Drakelow C 375 MW ボイラ

いくつかの方式が採用されている。

Up-down-Up 方式は UP-2 および 3 に採用されたが現在は使用されていない。

Up-Up 方式は容量約 500 MW 以下のものに、Once-Up 方式はそれ以上のボイラに主として使われている。なおこれらの系統に分割壁を加えたものもある。

(3) 火 炉 構 造

水冷壁には外径 22.2~31.7 mm の管の間に幅約 13 mm のフィンを入れて溶接したメンブレンウォールが使用される。本構造は超臨界圧ボイラに対しては UP ボイラにおいてはじめて採用されたもので、UP-2 以降使用されずで約 7 年間の運転実績を有している。

本構造は完全な気密性、高い強度、熱応力の減少、据付工程の短縮など幾多の特色をもっている。しかしメンブレンウォールは従来のタンジェントウォールと違ってメタル温度などのほかに、伸び差、熱応力などに対しても十分考慮する必要がある。このため実際の設計にあたっては以下のような考慮を払っている。

(a) 管内流速 (重量流) を十分高くとる。

管内重量流 $\text{kg/m}^2\text{h}$ を十分高くとることは管メタル温度を低く安全に維持するためにきわめて重要である。重量流の大小は特に比体積が急激に変わる点では、流体速度の大小より熱伝達に対して大きな影響を与える。図 8 に重量流とメタル温度の傾向を示す。同一の使用条件でも重量流がある範囲以上であればメタル温度に大きな変化はないが、その範囲以下になればメタル温度が急激に上昇する。実際の運転に際しては各並列管中の

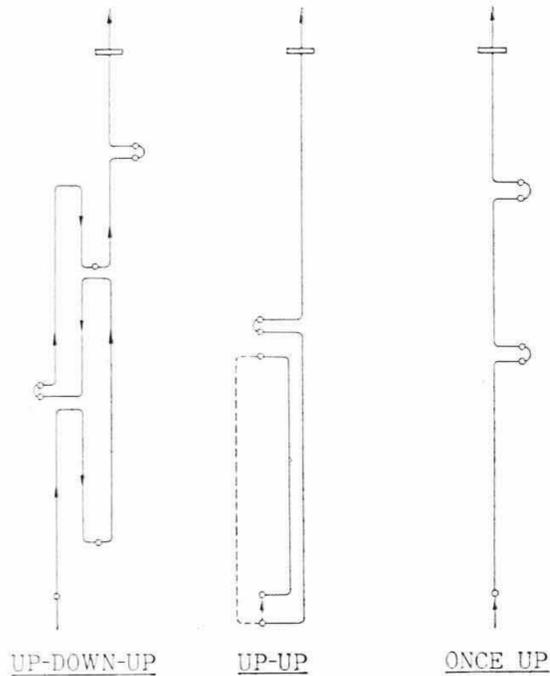


図7 超臨界圧UPボイラ火炉壁流体経路説明図

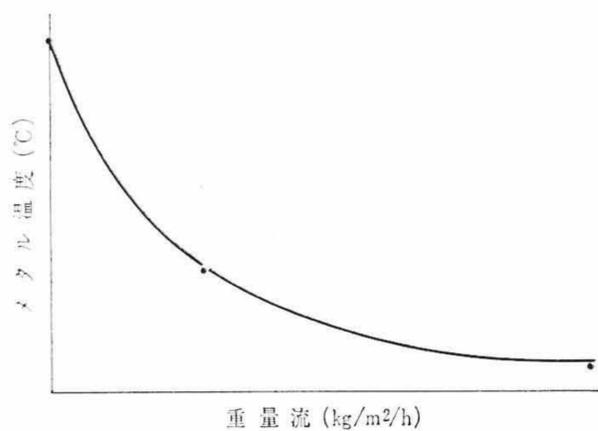


図8 重量流とメタル温度

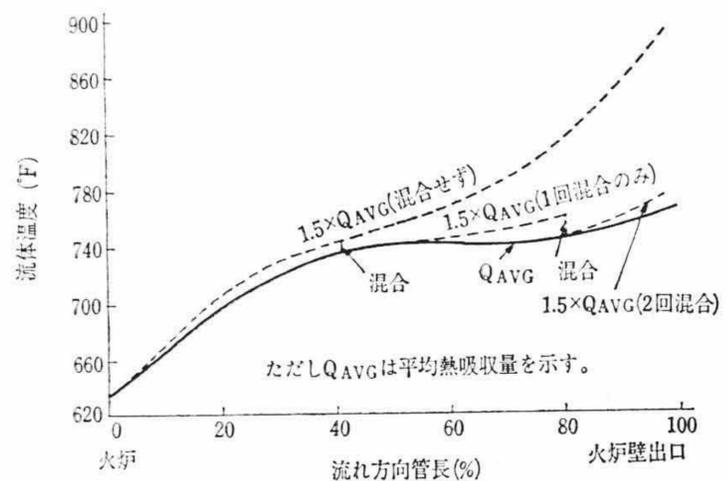


図9 混合管寄せの効果

流量、熱吸収のアンバランスもあり、最悪のチューブでもこの流量の危険範囲に入ればわずかの流量の差によってメタル温度の変動幅が大きくなり、焼損する場合も考えられる。また大きい熱負荷で重量流が小さくなると亜臨界圧における膜沸騰のような現象も現われる危険がある。

(b) 火炉内必要個所で流体混合を行なう。

貫流ボイラでは自然循環ボイラと逆に熱吸収の多い管は比体積の増加により流量が減少しようとする傾向を有している。このため UP ボイラ火炉系統は図 7 に示したように、火炉流体を途中で炉外に取り出し、各壁ごとの流体混合または全流体の完全混合を行なって流体エンタルピまたは温度、圧力を均一化して再び炉内にもどす。この効果を示す一例として超臨界圧の場合を図 9 に示す。図中、実線は平均熱吸収の場合を示す。また点線は実際運転時予想される平均熱吸収の 1.5 倍の熱がはいっ

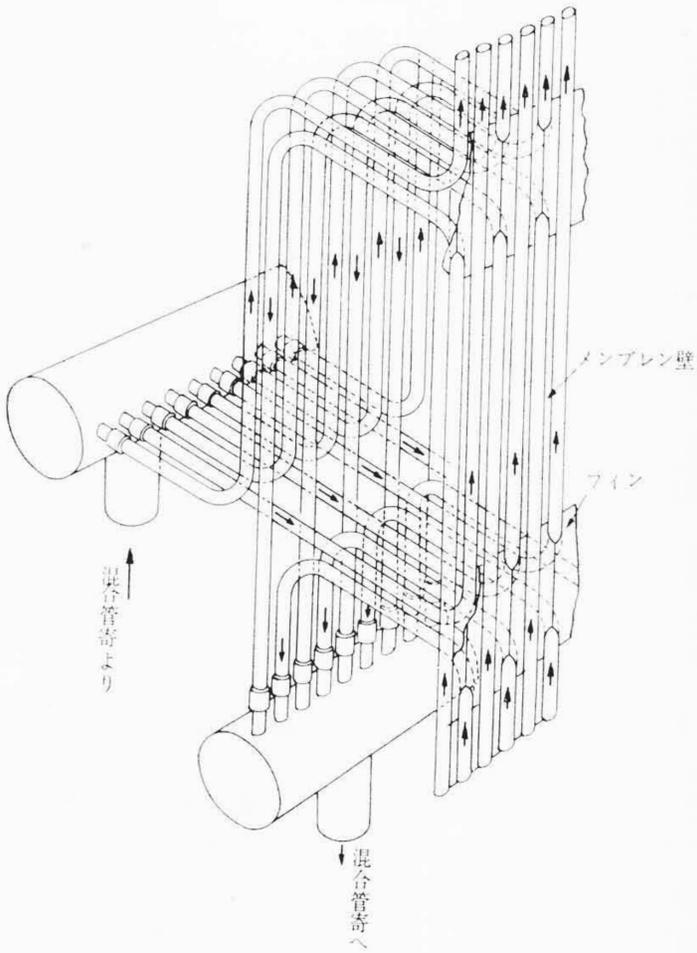


図10 水壁構造

たときを示す。

もし火炉内で混合が行なわれないときは、大きな熱吸収を受けた管は流体温度、メタル温度が平均値に対し著しく上がり、メンブレンウォールのクラックまたは焼損のおそれがある。このためこの例では2回の混合を行なっている。図10は混合部の構造例である。この構造は実績により改良されたもので、混合効果、溶接作業の容易さなど十分考慮してある。

流体温度の均一性をより容易に押えるために、火炉入口管寄せにはいる給水管ごとに可変オリフイスをおいて、独立した各パネルごとに熱吸収量に応じて給水量を調整し、また系統の流動安定性を増すことがある。これは正常運転時は固定オリフイスとして働く。

UPボイラにおいては以上のような考慮を払っているため、火炉水壁管の材質も特に高級なものを必要とせず、0.5Cr 0.5Moを使用している。なお超臨界圧力では沸騰現象がないので亜臨界圧UPボイラで使用するリブドチューブは必要としない。

(4) 再熱器温度調整⁽⁸⁾

1段再熱の際の蒸気温度調整は従来の亜臨界圧UPと変わらないが、2段再熱の際の再熱器温度調整は多少複雑になる。伝熱面配置としては現在図11に示すような過熱器、高圧、低圧再熱器の並列配置と図12に示すような直列配置が採用されている。前者は特に重油と天然ガスのように特性の異なった燃料を併用するとき採用されることが多い。一般に超臨界圧2段再熱器の特性は図13に示すような傾向となる。すなわち高圧再熱器入口蒸気温度は従来と同じように負荷の減少に伴って低下するが、低圧再熱器入口蒸気温度は負

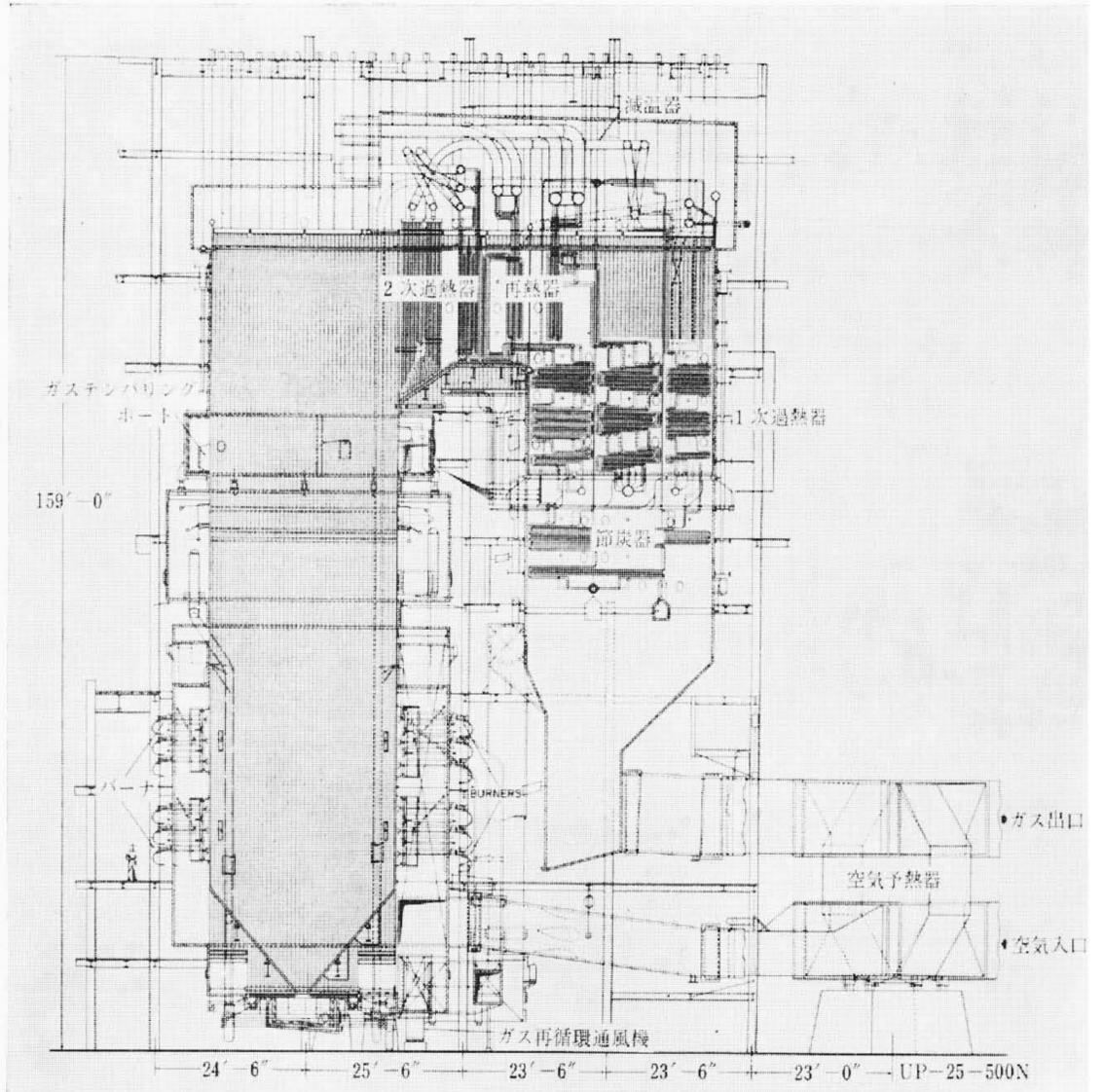


図11 330 MW UPボイラ

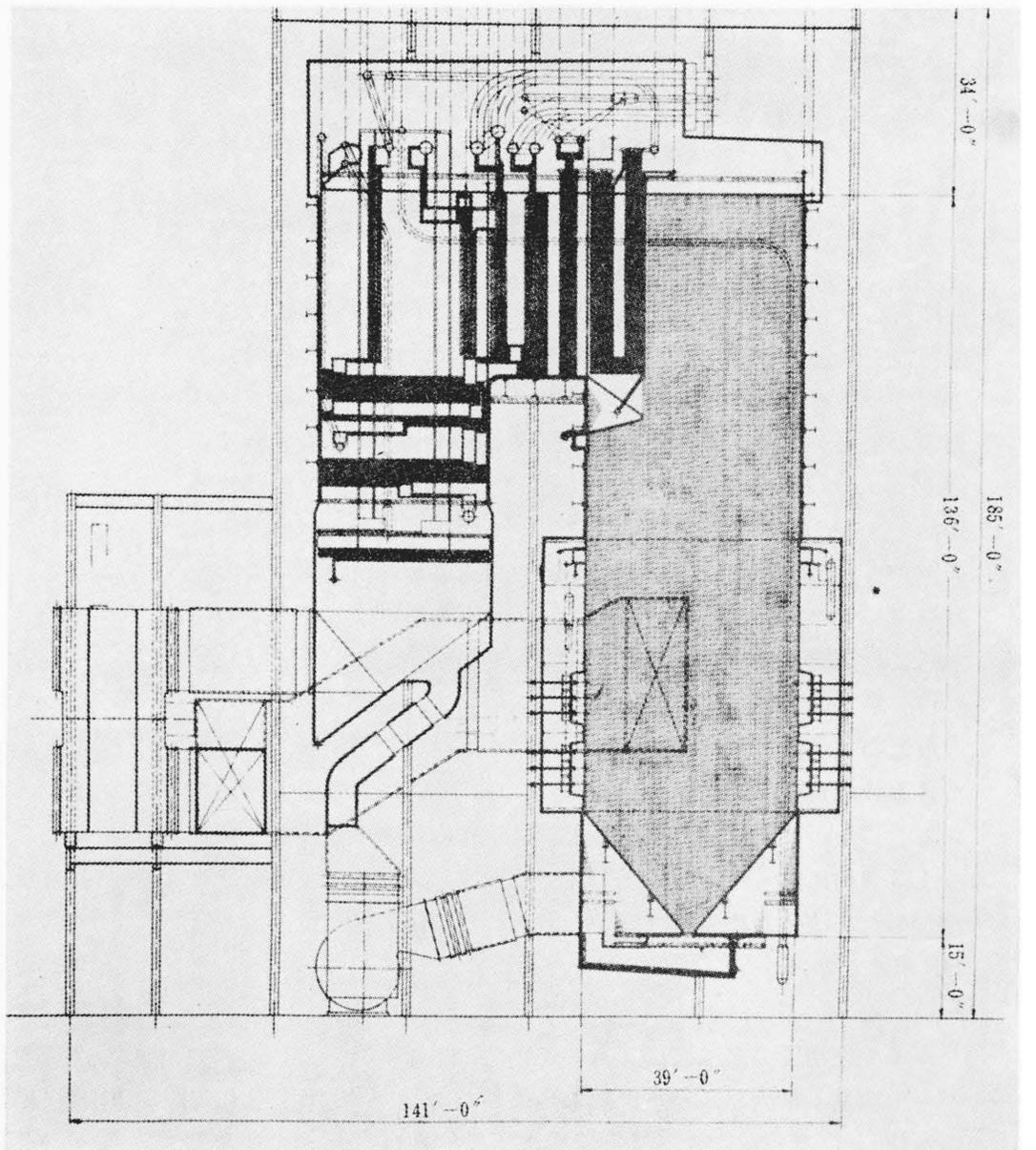


図12 550 MW UPボイラ

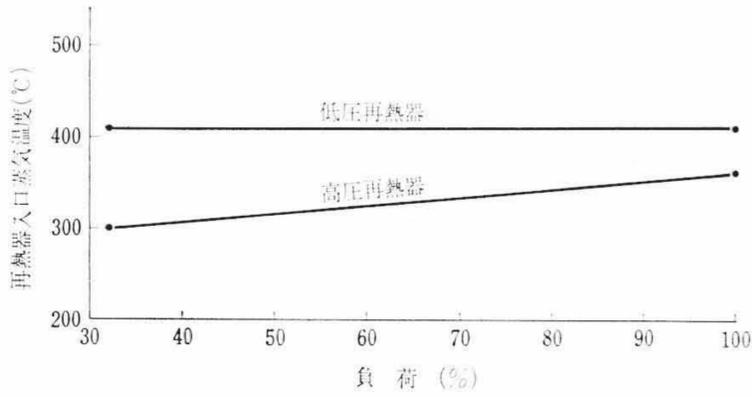


図13 2段再熱器特性例

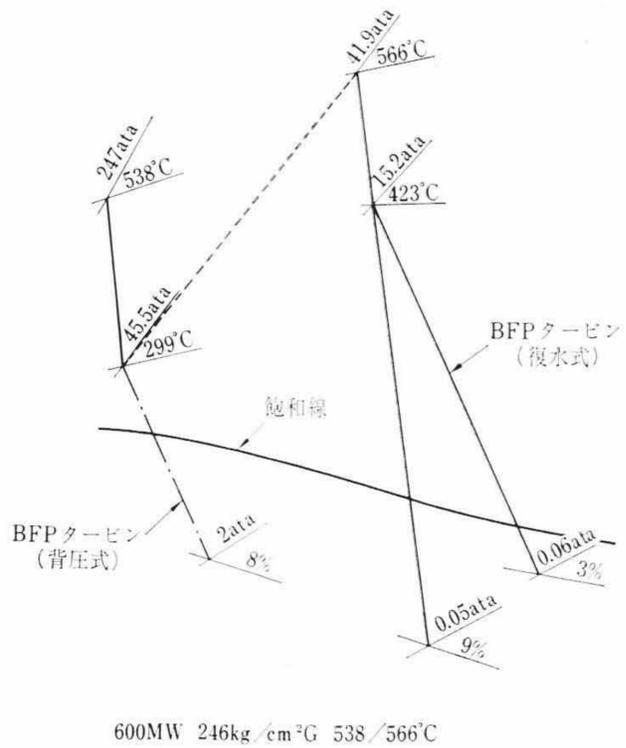


図15 1段再熱超臨界圧タービン膨脹線図

サーキュラーバーナと原理的には同じで個々の要素もほとんど変わらないが、大容量ボイラに使用するため各バーナを2ないし3本のグループにまとめ垂直方向に密接して配置できるように取り付けられ水壁の開口部が多少変わっている。運転時はたとえば3個のバーナグループのサーキュラーレジスターは1個のリンクで操作され、あたかも1個のバーナのように簡単に操作される。このため自動バーナの採用もきわめて容易となる。容量としては1セル当たり油量9t/h以上のものもあり、ガスバーナまたは微粉炭バーナとしても使用される。

本バーナの採用により大容量ボイラでもバーナ配置が容易で特に大きな火炉を必要とせず、また火炉熱吸収分布も従来のサーキュラーバーナより均一化される。

その運転性能もすでに大形ボイラの実績で確認されている。

5. プレボイラ系統、および起動系統

超臨界圧ではボイラが貫流形となり、ボイラ、タービン、プレボイラの相互関係はドラム形ボイラの場合と異なり、密接にクローズアップされるので、その見地にたつてプラントサイクルの問題点について述べることにする。

(i) ヒートサイクル

超臨界圧プラントに用いられる給水ポンプはユニットの容量、および給水圧力が高いこともあってすべてタービン駆動が採用される。この場合の形式としては

- (イ) 背圧タービン
- (ロ) 復水タービン
- (ハ) 主タービン軸駆動

などが考えられるが上記三つの形式の中(ハ)の主タービン駆動はまだわが国では採用される計画はないが問題は信頼性にある。利点も多く将来は必ず用いられるであらう。(イ)(ロ)については亜臨界圧ユニットでは両者とも採用されているが、超臨界圧では、一段再熱プラントでは図15に示すようにi-s線図からみれば明らかなおり背圧式を用いて低温再熱蒸気を利用した場合には給水ポンプタービンの膨脹線は湿り域に相当入り込むことになって効率を悪くするばかりでなくタービンのエロージョンにも問題が出てくる。したがって背圧式の採用には無理があり一段再熱式ユニットでは復水式タービン駆動がもっぱら採用されることになる。ただ一例としてアメリカのAvon No. 8超臨界圧ユニットで

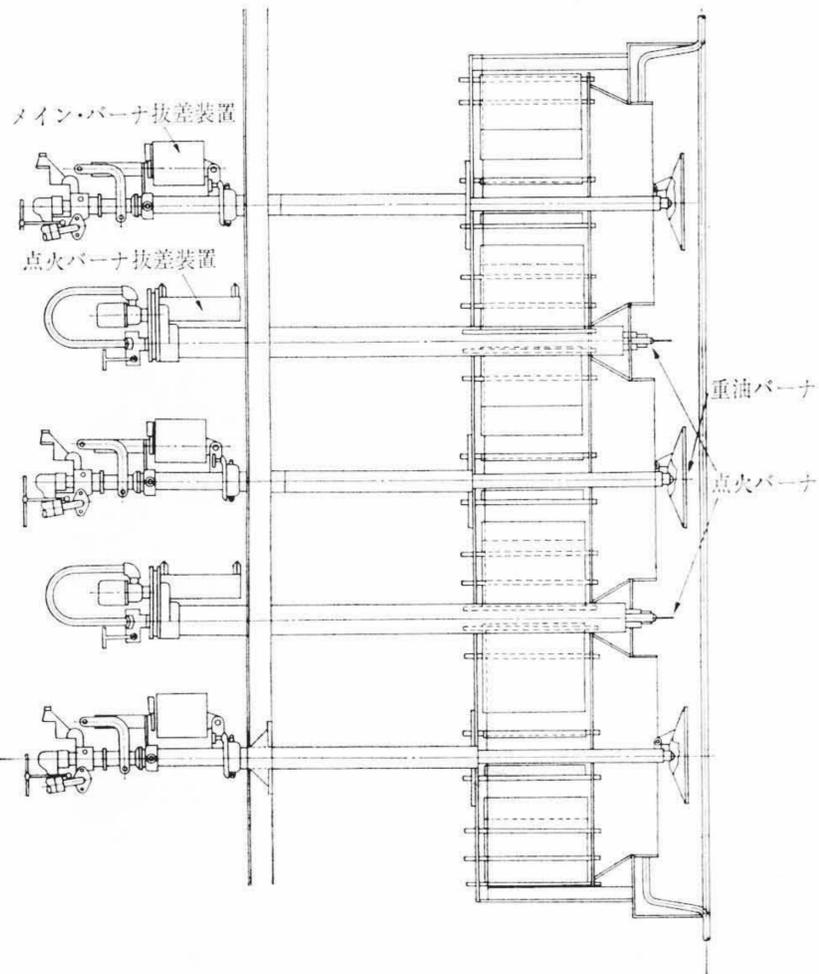


図14 セルバーナ

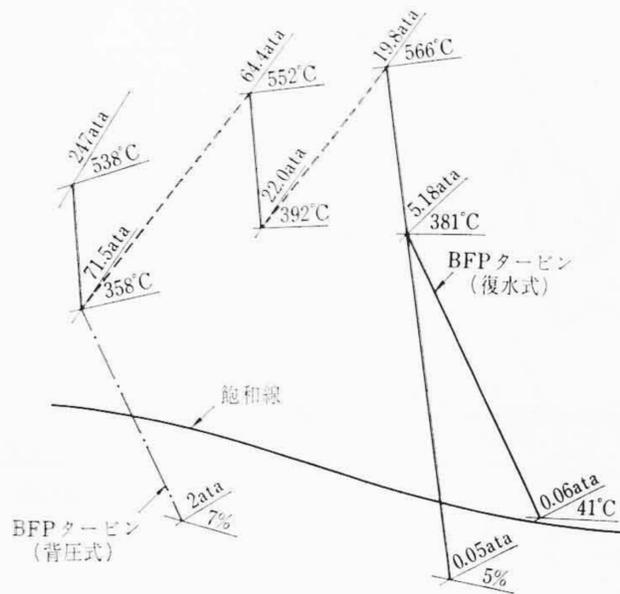
荷に対しほとんど一定で、あたかもドラムボイラの過熱器のような特性をもっている。このため1燃料のときは、低圧再熱器をある程度ガス再循環の効果のある個所におき、高圧再熱器をガス再循環の効果がもっとも大きい所に配置すれば、所要の温度調整範囲が得られる。図12においては高圧再熱器の一部を2次過熱器のあと、一部を1次過熱器の後において低負荷時のガス再循環のききを良好ならしめている。すなわち高圧再熱器出口蒸気温度を基準にしてガス再循環量が調整され、低圧再熱器はごく少量の注水により調整される。

(5) 最低負荷

最近の大容量超臨界圧UPボイラはバイパスを使用せずに運転できる最低負荷はボイラ最大蒸発量の約25%にとるのが普通である。したがって最大負荷での火炉水壁管内の重流量は最低負荷を1/3負荷にとった亜臨界圧UPより増加しているが、運転圧力増加のため流体の比体積は減少し、ボイラの圧力損失は超臨界圧UPボイラのほうがむしろ少なくなる。

(6) セルバーナ

ボイラ使用圧力には直接関係しないが、ボイラ大容量化に伴いバーナ容量も増大し、バーナ1本当たりの油量が4t/h以上のもも使われている。さらに大容量になると図14に示すようなセルバーナも広く使われている。本バーナはすでに国内で運転中の



500MW 246kg/cm²G 538/552/566°C

図16 2段再熱超臨界圧タービン膨張線図

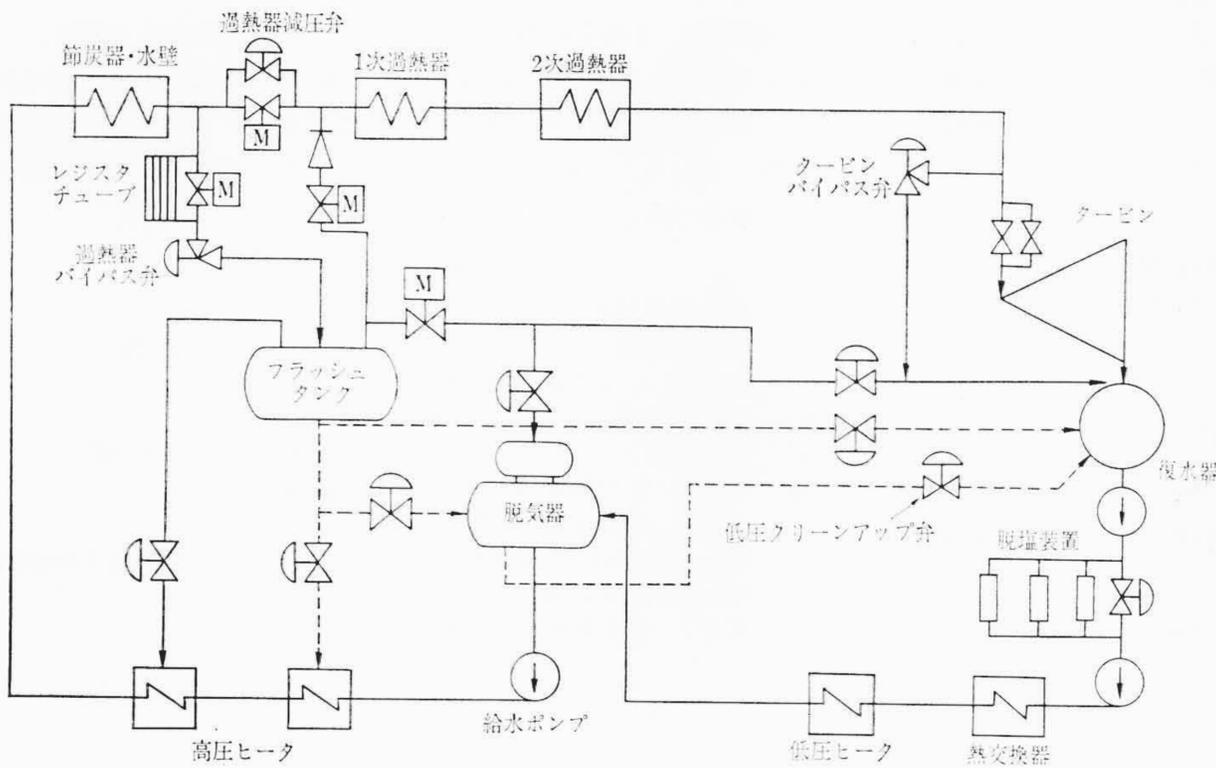


図17 起動バイパス系統図

は背圧式を採用しているが、この場合は前記のような問題をさけるため高圧タービンの中から抽気した蒸気により駆動している。

二段再熱式プラントでは図16に示すような膨張線となり、第1低温再熱より抽気した場合の膨張線は一段再熱と同様の問題がある。また一段および二段再熱の場合、いずれも復水式が有利なのはユニットが大容量でもあるので主タービンの排気流量をできるだけ少なくしてタービン効率をよくするためでもある。

(ii) 起動バイパス系統

起動バイパス系統は超臨界圧でも亜臨界圧でもまったく同じであり、その点日立製作所においてはすでに亜臨界圧貫流ボイラプラントにおいて数多く実績を有しており、その成果を発表⁽⁹⁾してきた。したがって超臨界圧ボイラに亜臨界圧の経験を十分に生かすことができる。図17はその起動系統図を示す。この系統のおもな特長を次に述べる。

- ①フラッシュタンクの発生蒸気によりタービンにある一定負荷までとる。このことにより起動時間を短くまた低圧蒸気のためのタービンの均一暖機ができる。
- ②起動時は一次、二次過熱器には通水しないのでホットスタート時過熱器ヘッダおよび主蒸気管を急冷することがない。

表3 ボイラ給水制限値(節炭器入口において)

全溶解固形物	50 ppb
溶解酸素	7 ppb
シリカ	20 ppb
全鉄	10 ppb
全銅	2 ppb
有機物	0
pH	9.2~9.4

③過熱器バイパス弁の前にレジスタチューブを設け、150°C以下の高圧水を通して減圧し弁のエロージョンおよび騒音がない。

④フラッシュタンクの発生蒸気を高圧ヒータ、脱気器に回収しドレンを高圧ヒータ、脱気に熱回収して起動時のボイラの燃焼率および、起動損失を少なくしている。

(iii) プレボイラの系統上考慮すべき二、三の点について

第1は低圧ヒータのドレンは大気圧以下の部分が多いので従来から酸素を多く含んでいる場合がほとんどである。後述のように低圧ヒータにも鋼管を採用するので、酸素の多い低圧ヒータのドレンをそのまま低圧給水系統へポンプで回収することは低圧系統の腐食の原因となるので、これをさけて低圧ヒータのドレンはドレンクーラを通して復水器へ導き、復水脱気をしてボイラへ給水するように計画すべきである。

第2は図17に示すように脱気タンクの底より低圧クリーンアップ弁を通して復水器へ給水を導く系統があるが、これは起動時に給水ポンプを起動する前に低圧系統、脱気タンクの水を復水器に戻して脱酸素およびデミネを通してクリーンアップをするため使用する系統である。これは亜臨界圧の貫流ボイラプラントでも起動時に大いにその効果を発揮している。

第2は図17に示すように脱気タンクの底より低圧クリーンアップ弁を通して復水器へ給水を導く系統があるが、これは起動時に給水ポンプを起動する前に低圧系統、脱気タンクの水を復水器に戻して脱酸素およびデミネを通してクリーンアップをするため使用する系統である。これは亜臨界圧の貫流ボイラプラントでも起動時に大いにその効果を発揮している。

6. 給水処理

ボイラの給水制限値は表3に示す値であり、これは亜臨界圧貫流ボイラの場合とまったく同じである。したがってわれわれが亜臨界圧貫流ボイラプラントにおいて種々施した対策を徹底して行なえばよいわけである。その点について、二、三述べる。

(1) サイクル内の材料の選定

銅の超臨界圧蒸気への溶解度が大きいことは上述の研究結果のとおりであり、したがって銅系統の材料をできるだけ採用しないようにすべきである。高圧ヒータチューブはもちろんのこと低圧ヒータについても同様である。すなわち復水デミネの後に設けられる機器の材料にはできるだけ銅系のものを採用しないことが望ましい。復水デミネの前に設けられる復水器などについてはデミネを通してボイラに給水するので銅系の材料でもさしつかえない。なお低圧ヒータのうち休転中に窒素シールができない復水器上部胴体設置のヒータなどは酸素によるチューブの腐食をさけるためにステンレスチューブを採用したほうがよい。

(2) フィルタなし復水デミネ

貫流ボイラを採用しているプラントは復水デミネを設けて給水中の不純物の除去ならびに海水リークに対処しているが、この復水デミネの従来の形式はプレフィルタおよび脱塩塔よりなってい

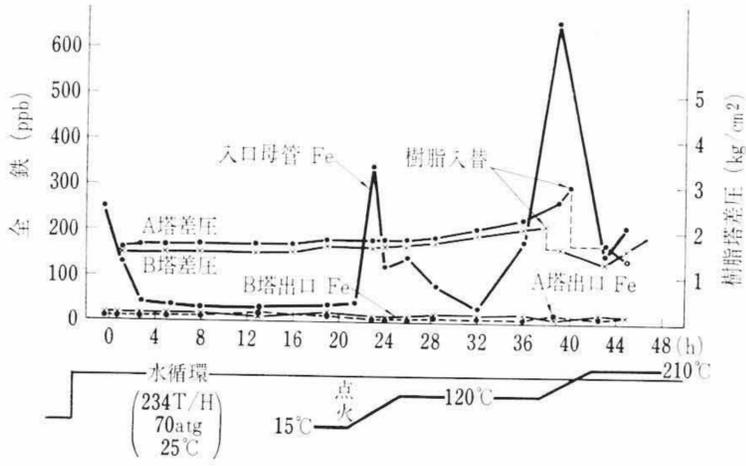


図18 プレフィルタなし復水デミネの実績

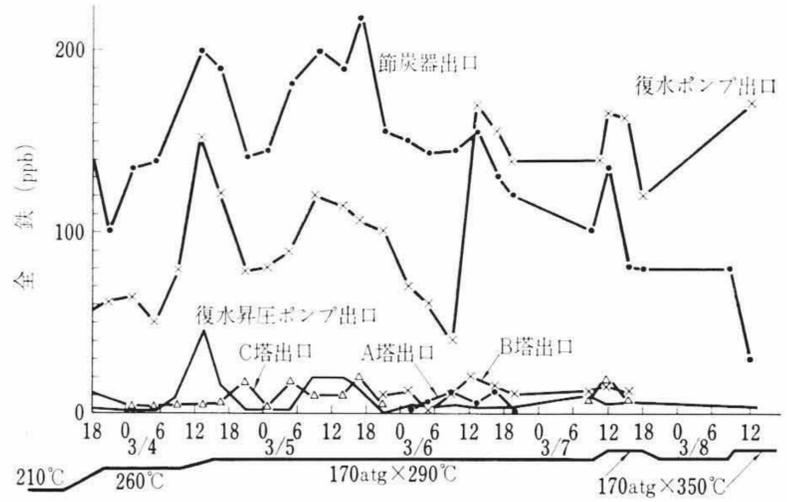


図19 プレフィルタなし復水デミネのクリーンアップオペレーション時の水質実績

るのが通例であったが、今後は日立製作所は懸濁状の不純物も脱塩塔で除去するようにし、フィルタを設けない形式のものを採用することに方針を決めており、その第1号機としての220 MW 火力に採用して好結果を得た。図18はその脱塩塔の実績を示し、図19はクリーンアップ運転中の各部の鉄の状態を示している。脱塩塔入口では相当量の全鉄が分析されても塔出口ではいずれも所定の値以下にはいつている。このようにフィルタなしデミネを採用すれば従来のフィルタを設けた場合に比べて

- ①建設費が相当少なくてすむ
 - ②プレコート助剤の添加および運転費の低減ができる。
 - ③デミネの損失が少なくなり復水ポンプの揚程が低くできる。
- などの利点がある。

7. 結 言

以上述べたように日立製作所では超臨界圧ボイラプラントについては、実験プラントにおいて基礎的データを得るとともに、設計製作面でも十分に検討している。

超臨界圧貫流ボイラは決して現段階より飛躍してむずかしいもの

ではなくむしろ原理的には亜臨界圧貫流ボイラを採用した場合とまったく同じである。この点日立製作所はすでに昭和37年に新清水火力発電所1, 2号75 MW 2台を、昭和38年に五井火力発電所2号265 MW を、昭和40年にはさらに250 MW 級を2台納入しており、これらを基礎としてきたるべき超臨界圧ボイラプラントの製作にあたっており、今後も一段と研究を重ねさらに万全の準備を整へておく所存である。

参 考 文 献

- (1) 綿森, 前田: 機械学会 Vol. 65 No. 519 p. 47
- (2) 浦田, 芳原, 田村: 火力発電 Vol. 16 No. 2 p. 19
- (3) 浦田: 火力発電 Vol. 16 No. 11 p. 82
- (4) 中野, 河竹: 日立評論 44, 1309 (昭37-9)
- (5) 田村, 坂井, 細川: 機械学会 Vol. 66 No. 532 p. 37
- (6) 小田: 火力発電 Vol. 16 No. 11 p. 35
- (7) 利部: 火力発電 Vol. 16 No. 10 p. 69
- (8) E. G. Kispert: ASTM Power Conference Paper Chicago Illinois April 1964
- (9) 坂井: 火力発電 Vol. 16 No. 18 p. 55