# 強制貫流ボイラプラントについて

Forced Flow Tubular-Boiler Plant

中 崎 豊 一 郎\*
Toyoichirō Nakazaki

坂 井 Akira Sakai

彰**\*** 

# 内 容 梗 概

わが国における強制貫流ボイラは従来産業用中容量以下のユニットのみに限定されていたが、米国B&W社において開発された、UPボイラの実用化および運転実績より、昨今大容量の事業用の分野においてもその優秀性が認められ、多数の大容量強制貫流ボイラが採用せられてきた。

本文はこれらわが国で最初の大容量強制貫流ボイラタービンプラントを計画するにあたって調査研究した問題点,すなわち,起動停止用バイパス装置,復水バイパス脱塩装置,薬品注入装置,復水装置ならびに給水加熱装置および運転などについてその概要を記し参考に供するものである。

## 1. 緒 言

実用強制貫流ボイラが初めて運転を開始したのは、1927年 Berlin Gartenfeld における 30 t/h のベンソンボイラにさかのぼるが、この原理的に非常にすぐれたボイラも、当時の水処理技術水準をもってしては十分に真価を発揮しえず、その後しばらくの間実用的には大なる発展をなしえなかった。

近年になり水処理技術の進歩による高純度水が容易に得られるようになったこと、および権水制御薬品の発達、ボイラ制御技術の進歩などにより、強制貫流ボイラに対する技術的あい路は取り除かれ、加うるに近年の電力需要の伸長による高温高圧大容量化の要請により、強制貫流ボイラはまず欧州において急速に進展<sup>(1)</sup>し、さらに米国においても独自の発達をとげ、超臨界圧力プラントを含む多数の貫流ボイラプラントが運転にはいった。

わが国においても強制貫流ボイラはまず産業用の中容量以下のボイラにおいて採用されてきたが、昨年事業用にもこの優秀性が認められ、東京電力五井火力2号ユニット、関西電力姫路第2号ユニット、新清水共同火力1、2号ユニットなどに採用せられた。

ここで強制貫流ボイラとはベンソンボイラと、ベンソンボイラと原理的に同一でさらに大容量ボイラ に適合する設計として米国 B & W 社で開発された Universal Pressure Boiler (U P ボイラ) を呼称する。

本文においてはこれら強制貫流ボイラプラントの 概要と、特に自然循環ボイラプラントとの異なった 諸点について記すこととする。

# 2. 強制貫流ボイラプラントの特長 とその配置

第1図は強制貫流ボイラプラントの主配管系統を 示すが配管系統のおもなる特長は次のとおりであ る。

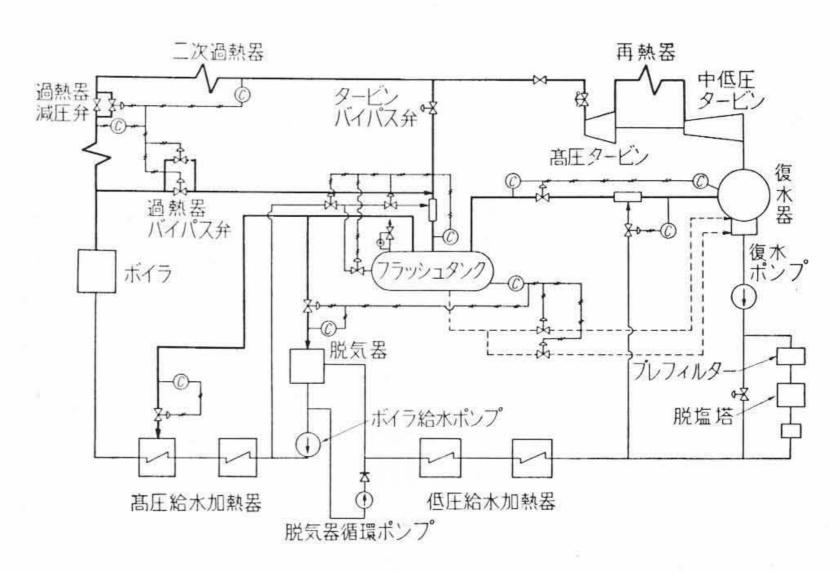
) 起動停止用バイパス系統を有すること。

この系統は強制貫流ボイラ特有のもので後記するように大容量 プラントに適合したいろいろの特長を有している。

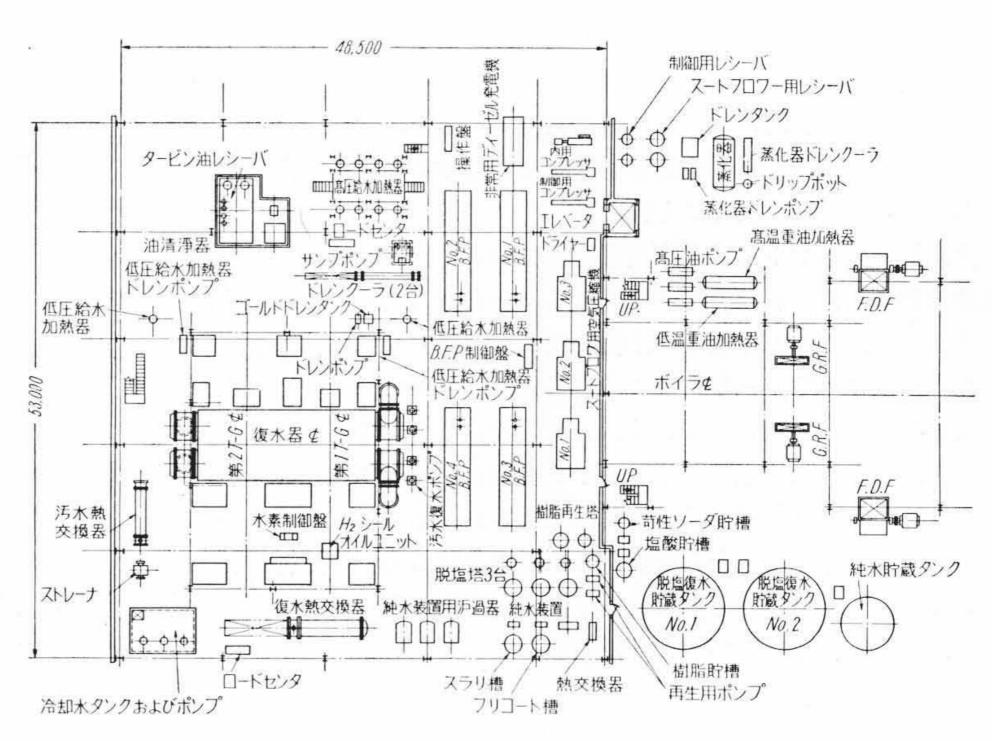
# (2) 復水バイパス脱塩装置

給水を高純度に保つために復水の一部または全量を必要に応じて通す脱塩装置で,近時の貫流ボイラが今日の隆盛をみたのも脱

\* 日立製作所日立工場



第1図 強制貫流プラント系統図



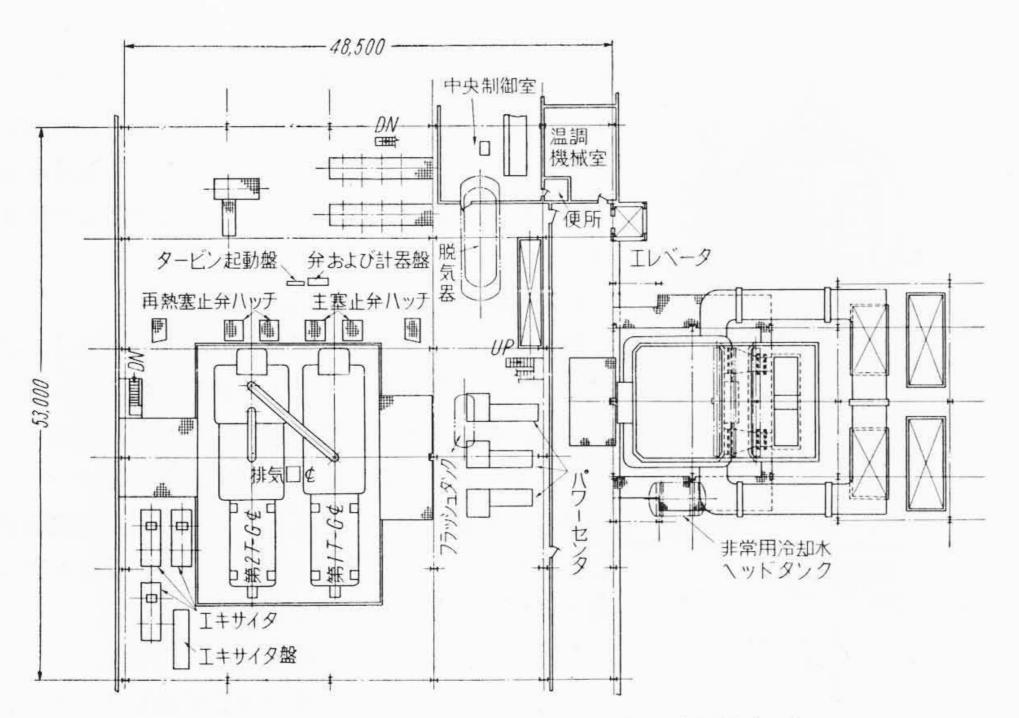
第2図 強制貫流プラント全体配置図 (1階床面)

塩装置の進歩によることは衆知のところである。

欧州ベンソンでは従来までほとんどのプラントで復水バイパス脱 塩装置は設置されていないが、給水純度の確保とイニシャルスター ト時のクリーンアップを考えてつけることにした。

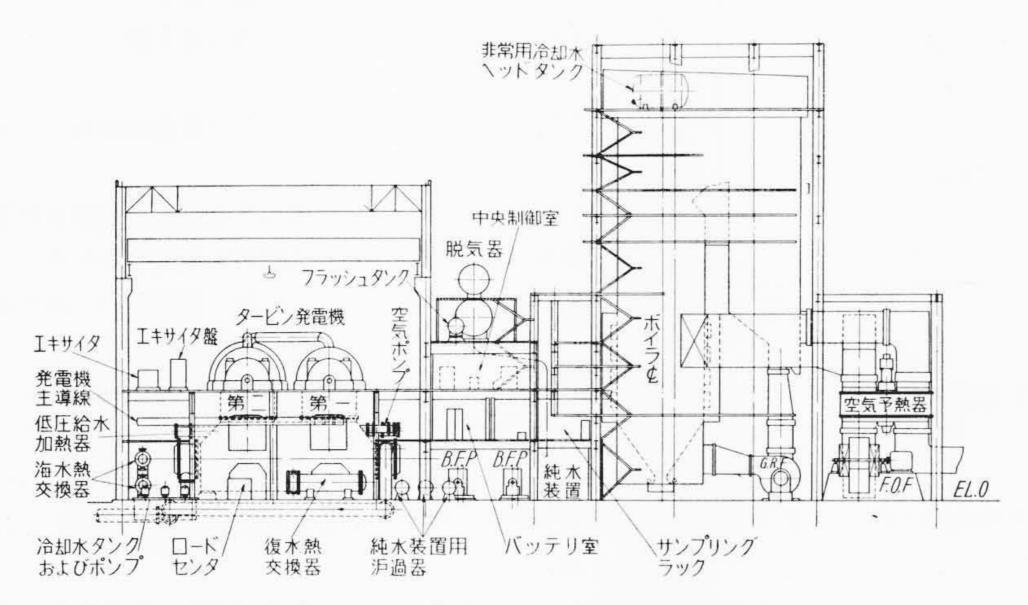
そのほか二,三の目新しい点もあるが、根本的には従来のドラム ボイラとなんら異なっておらず、ことさらに高度の技術を必要とす る訳ではない。

第2,3,4図は強制貫流ボイラタービンプラントの全体配置の一例

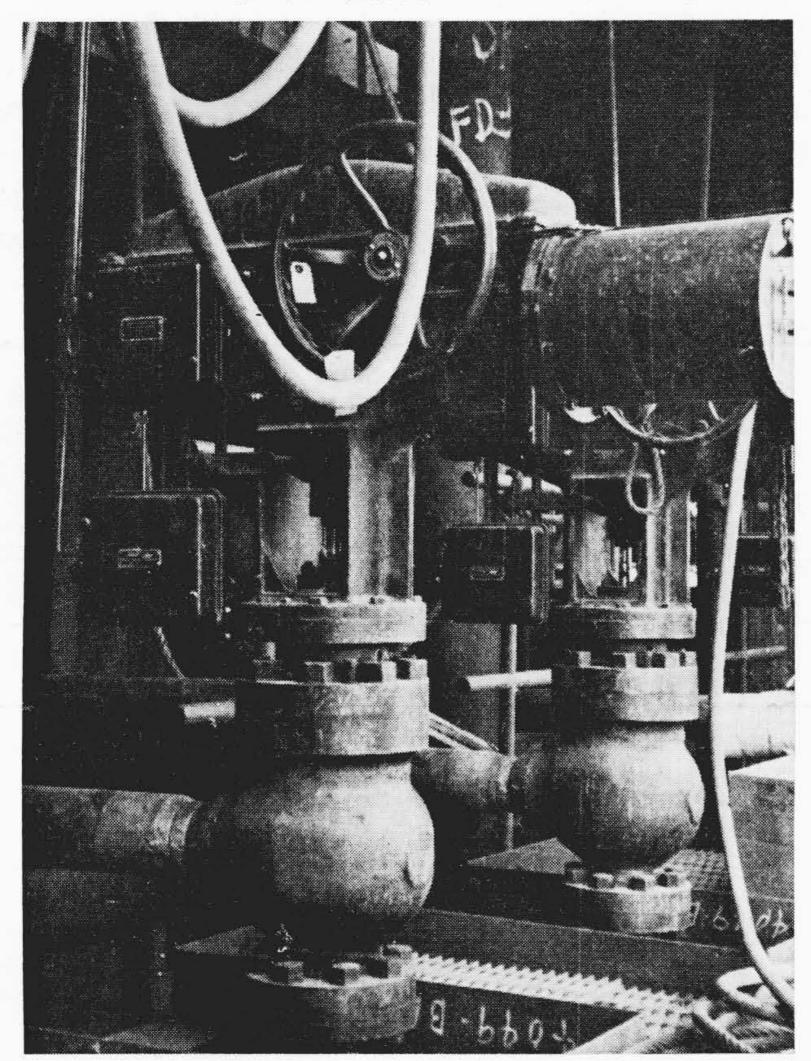


6

第3図 強制貫流プラント全体配置図 (3階床面)



第4図 強制貫流プラント全体配置(立面図)



第5図 バ イ パ ス 弁

を示す。

強制貫流ボイラは非常にコンパクトかつ軽量ゆえ 据付面積少なくボイラ鉄骨に加わる荷重も同容量自 然循環ボイラに比して著しく少なくなり軟弱地盤の 多い最近の火力建設地点向として好適である。

強制貫流ボイラタービンプラントの配置計画のポイントは復水バイパス脱塩装置の配置とバイパス系 統配管弁およびフラッシュタンクなどの配置ならびに配管計画にありそのほかは従来と大差はない。

# 3. バイパス系統

従来のベンソンボイラを主体としたバイパス系統については、さきに記した<sup>(2)</sup>が、UPボイラプラントにおいて採用しさらに大容量ベンソンボイラプラントにも採用されているバイパス系統はこれらの方法をさらに大容量、高温高圧タービンプラントに適合するよう計画されたものである。

本系統は第1図に示すように過熱器バイパス弁, タービンバイパス弁,過熱器,減圧装置,フラッシュタンクおよび関係制御装置ならびに配管類より構 成されているが最も大きな特長は

過熱器減圧装置を有していること。

再熱器の冷却を行わないこと。

の2点であり、構造的にちょっと面白いのはフラッシュタンクおよび過熱器、タービンバイパス弁であ ろう。

以下各部構成機器について述べる。

## (1) 過熱器バイパス装置

起動停止時過熱器前より籬水,汽水混合物または蒸気をバイパスし適当な圧力まで減圧してフラッシュタンクへ導く装置で第5図に示すような特殊な弁を用いている。

初期のUPプラントのバイパス弁における貴重なる経験を生かし、いかなる使用条件にも十分耐えられる特殊構造とし、弁を出たのちの高速の流体のエネルギーを殺すため特殊なターゲットチューブを用いている。

なお,この系統は起動時過酷な使用条件にさらされるゆえ,配 管計画,支持装置計画などには万全の検討を行う必要がある。

#### (2) 過熱器減圧装置

本装置は二次過熱器入口連絡管に設置され過熱器入口蒸気の条件が純度ならびに温度的に満足される状態に達したのち開く。

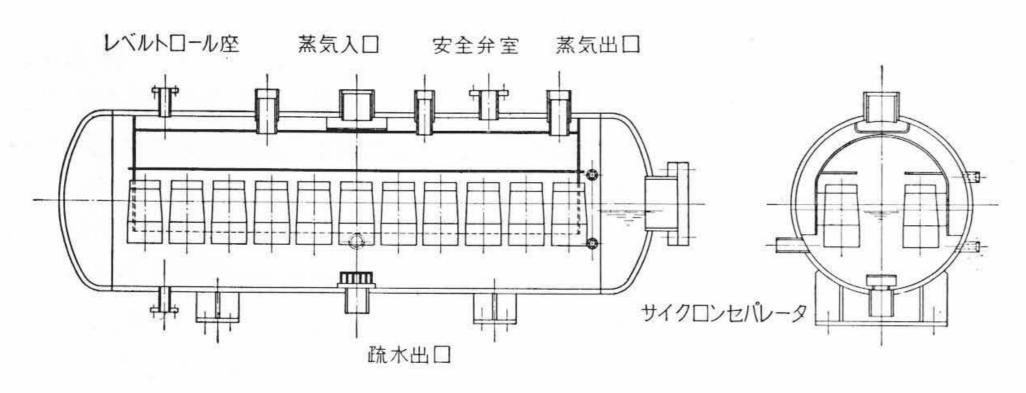
本装置を具備することにより定格圧力で起動するボイラに対して蒸気を過熱器入口で減圧しタービン側で必要とする圧力温度に適合するように操作することが可能となり、起動停止時間を短縮することができる。

このように起動時の初期においては過熱器へは水または蒸気を 通さず再熱器へも蒸気は流さない。

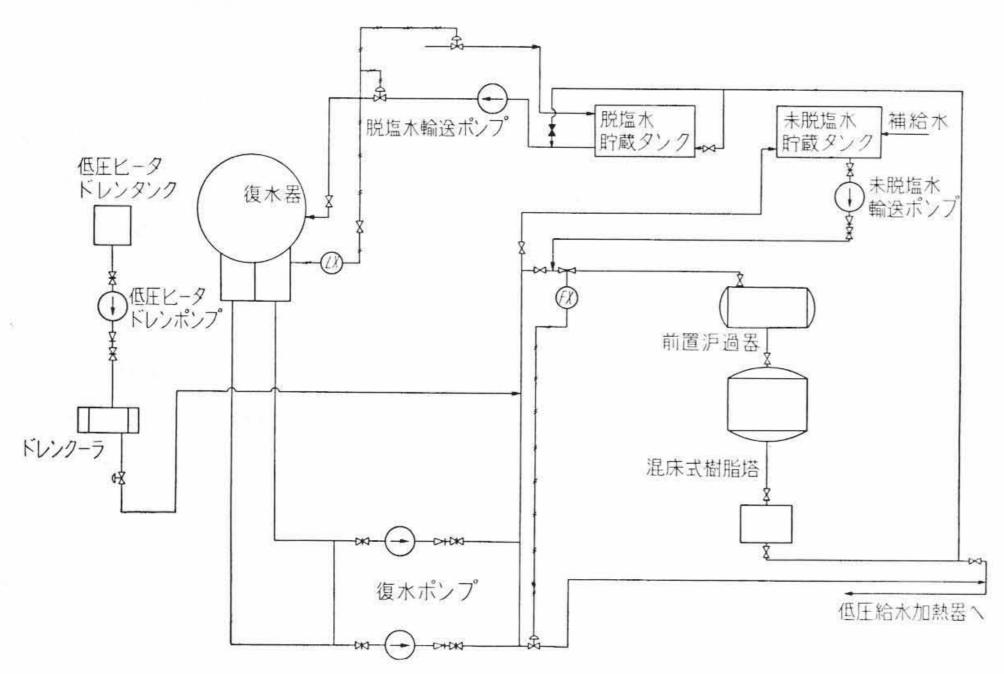
従来のベンソンボイラプラントで採用しているように起動時に 再熱器へ蒸気を通して冷却は行うこともできるがこの場合には制 御ならびに配管系統が非常に複雑となり、また実際にフラッシュ タンクの発生蒸気を冷却用として使用できるのは 第11 図 の起動 曲線を見てもわかるように、全起動時間中の約 ½ ほどでその効 果は一般に考えられるほどではない。

本方式の場合には過熱器および再熱器の保護は燃料率を制御したり、テンパリング空気を送入してガス側の温度を 538°C (1,000°F) に保持することにより達せられる。

H



第6図 フラッシュタンク断面図



第7図 復水バイパス脱塩装置系統図

#### (3) タービンバイパス弁

起動時タービン入口より過熱蒸気をバイパスし過熱器保護に必要な蒸気量を確保することとともに適当に減圧減温してフラッシュタンクへ導入する。

弁の構造は過熱器バイパス弁と同じである。

#### (4) フラッシュタンク

過熱器バイパスよりフラッシュタンクにはいってくる流体は最初は水の状態であるが徐々に蒸気がまじった汽水混合物となりついには蒸気だけになる。

さらにユニットがトリップした場合には急激に蒸気がはいって くるのでこのフラッシュタンクはこれらの使用に耐えるようまた 汽水を分離することができるように考慮する必要がある。

**第6**図はその概略図を示すが、内部はほとんど従来の自然循環ボイラのドラムと同じ構造でサイクロンを有し、汽水を分離するようにしている。

起動の過程においてフラッシュタンクに蒸気が発生しはじめ、 ある圧力に達したときまず脱気器加熱用蒸気をとり、さらに圧力 が上昇すれば高圧給水加熱器加熱用蒸気をとる。

このようにフラッシュタンク発生蒸気をできるでけ回収利用するが、さらに蒸気量が増大し圧力上昇を生ずれば余剰蒸気は復水器へダンプする。

# 4. 復水バイパス脱塩装置

強制貫流ボイラにおいては従来のようにドラムがないため籬水の 濃縮あるいはブローなどを行うことができないので給水に高純度の 水が要求される。

したがってこの純水の純度をどの程度に保つか,またいかにしてこのような高純度の水を作りだすかということが問題になる。しかしいったん系統の純度が上がれば,あとはその清浄度は持続される

ものである。これは**第1表**に示す米国の某発電所の **UP**ボイラプラントの水分析値をみても明白であ る。したがってここで述べる復水脱塩装置は常時は 使用しないが起動時または復水器において海水が漏 えいした場合に安全装置として使用するものであ る。

## 4.1 復水バイパス脱塩装置の系統

第7図に復水バイパス脱塩装置の系統を示す。図に示すように復水系統をバイパスして数系列の前置 沪過器,混床式イオン交換樹脂塔,後置沪過器また はストレーナを設置し,さらに脱塩水貯蔵タンク, 未脱塩水貯蔵タンク,輸送ポンプそのほか制御装置 などを有している。計画に際しては運転条件に対し 種々の場合を想定して次のようにしている。

- (1) 復水の全量を短時間通しうること。
- (2) 復水の一部をバイパスして通しうること。
- (3) 補給水は復水脱塩装置を通すこと。
- (4) 補給水は常時は復水器に導き脱気を行うこと。
- (5) 低圧ヒータドレンなどは復水脱塩装置を通すこと。

(5)は第1表を見ても明らかなように低圧加熱器の系統は真空側になるため酸素も多くそのためドレン中には腐食不純物としての鉄, 銅が多いためである。

# 4.2 復水バイパス脱塩装置出口の給水純度と 容量

脱塩装置出口の純度は貫流ボイラとして要求される節炭器入口の 給水制限値より給水加熱器や給水管による汚染を考えて決定してお り、その値は第2表に示すとおりである。

脱塩装置の容量として脱塩装置入口の水質が350 ppb のとき再生より再生までの連続運転時間を,普通約一週間ほどに選んでいる。表中,危急時とあるのは復水器において海水が漏えいし,復水が80 ppmになったときで,この場合の再生より再生までの時間は約一時間程度を選んでいる。この時間は処置に要する時間である。

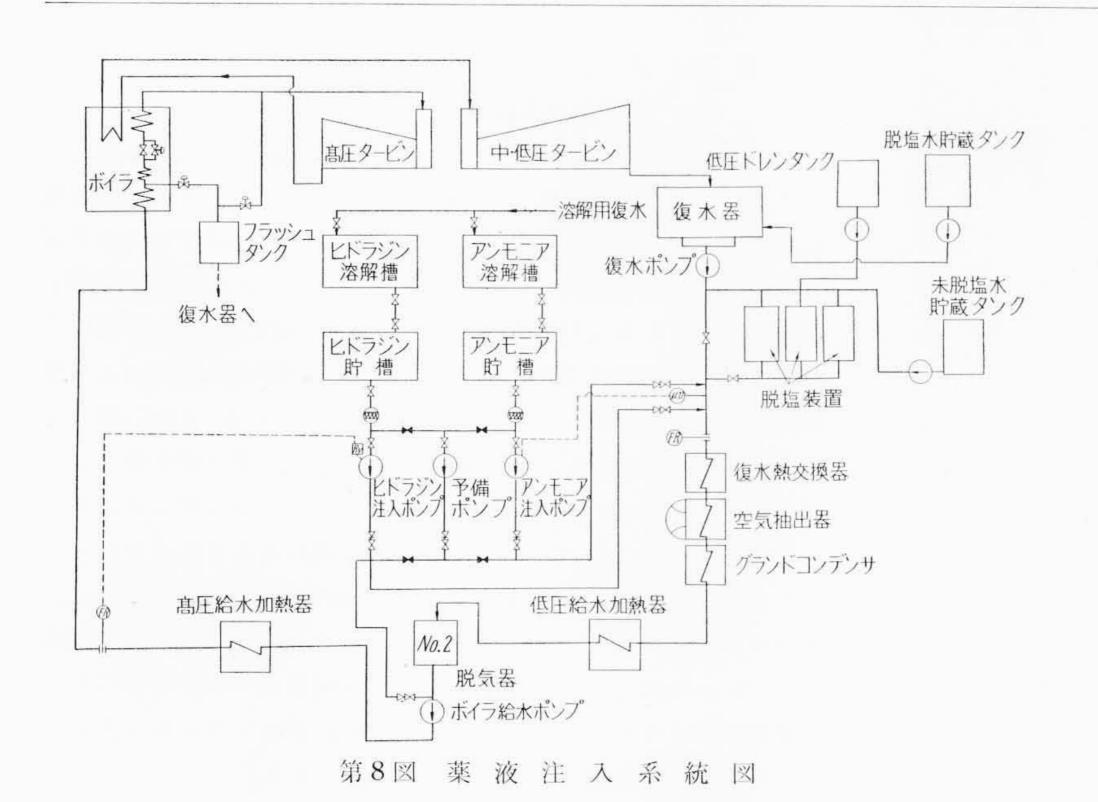
常用の流量は復水量の⅓に選定している。これは貫流ボイラの最 少流量は MCR の⅓であるためである。またたとえば⅓流量を脱

第1表 給水分析值(米国某発電所実績)

		Fe	(ppb)		Cu (ppb)				
		ドレンポ ンプ出口	復水デミ ネ出口	節炭器 入口		ドレンポ ンプ出口		節炭器 入口	
最初のタービ ンロール	36	156	_	22	6	15	2	3	
最初のタービ ンロールより 2 週間後	10	20	6	8	2	5	2	3	
最初のタービ ンロールより 2箇月後	-	12	4	6		4	3	4	

第2表 強制貫流ボイラ給水制限値

	15	常用	危 急
	処 理 水 量	1/3 流 量	全 復 水 量
	脱塩装置入口	350 ppb 以下	80 ppm
脱出 塩水 置質	全溶解塩量 SiO2 Fe Cu 硬度	50 ppb 10 5 5 0	250 ppb 以下 10 5 5 0
節口 炭水 器質 入	全溶解塩量 SiO2 Fe Cu 硬 度	250 ppb 以下 20 10 5 0	250 ppb 以下 20 10 5 0



塩装置を通し、¾をバイパスさせた場合脱塩装置入口で 350 ppb 出 口混合部で 250 ppb にするためには脱塩装置出口の水質は-80 ppb としなければならない不合理が生ずるため 1/3 流量が考えられる最 少の容量である。

#### 4.3 脱塩装置再生方式

脱塩装置には内部再生方式と外部再生方式とがあり, 従来補給水 脱塩装置に用いられている方式は全部内部再生方式である。内部再 生方式は脱塩塔それ自体に再生薬品である塩酸および苛性ソーダを 注入するものであるが、これに引き替え外部再生方式は再生しよう とする樹脂をいったん脱塩塔より再生塔に移し、その塔で再生する ものである。外部再生の場合の利点としては次に示すようなことが ある。

- (1) 主サイクルへ薬品を入れないため主サイクルへの薬品漏え いの危険度が少ない。
- (2) 採水,再生が別個の塔で行われるため、それぞれ最適な内 部構造とすることができるので効率の良い運転および再生ができ る。
- 外部再生にすれば薬品の耐食のために使用するサンダース 形(ゴムシート付の弁)の弁を主系統に使用する必要がなくなり、 バルブの信頼性の問題が解決される。
- (4) 樹脂再生用の計器,弁類,装置などを各樹脂塔ごとに必要 とせず一個の再生塔のみに設備すればよいので装置容量が大きく なり, 系列数が多くなるにつれて設備費が安くなる。

(5) 再生のための時間が短い。外部再生では樹 脂塔にすでに再生された樹脂を持っており、これ を古い樹脂と入れ替える時間だけである。

なお試みに米国の最近の貫流ボイラプラントにお ける再生方式を見てみると第3表に示すとおりで, しだいに外部再生方式の採用が多くなってきてい る。日立製作所では復水脱塩装置としては全部外部 再生方式を採用して主系統の安全を期している。な お第3表にはバイパス脱塩装置関係主要諸元も記載 し参考に供した。

#### 4.4 復水バイパス脱塩装置の運転

まず建設時にはボイラの火入れからタービンの通 気までの間,全復水量脱塩装置を通し系統中のシリ カ,鉄などの不純分を取り除くクリーンアップオペ レーションを行う。これは 2,400 psig 級ボイラのシ リカコントロール運転に相当し, したがって貫流ボ イラプラントではタービン通気以後ガバナーテスト が終ったあとはタービンは全負荷がかけられる利点

がある。タービン通気以後の約半年ほどはUPボイラプラントの経 験では復水量の½ないし⅓を脱塩装置を通せば給水の純度は保た れ, それ以後の運転では系統中の純度が上がり, 復水は脱塩装置を 通す必要はなく加熱器のドレンと補給水のみを脱塩装置を通せば給 水は十分純度が保たれることが明らかとなっている。

復水器において海水が少量漏えいした場合は復水器のいずれの側 が漏えいしているかを海水リーク検出装置によって調べ,漏えいし た側の復水だけまたは全量を復水脱塩装置を通すようにする。さら に大量リークした場合は復水を未脱塩水タンク(または純水タンク) に移し、ほかの脱塩水タンク(または蒸溜水タンク)より補給する。 なお海水リーク検出装置については後記する。

#### 5. 権水の二次処理

貫流ボイラの権水二次処理には固形物を残すものは使用できない ため、いわゆる No Solid Treatment となる。すなわち R H 調整 剤としてアンモニア,酸素除去剤としてはヒドラジンを使用する。 この注入系統を第8図に示す。なおこの方法はすでにドラム式ボイ ラの場合においても実施され、種々の実績が得られている(4)。

アンモニアはPH調整用として低圧給水加熱器入口に注入する が, その注入量は注入点より下流で電導度を計り, その電導度によ りフィードバック制御を行う。ただプラントが小容量で負荷変動が 激しく復水流量変化の大なる場合には先行値として復水流量を入れ ることがある。アンモニアの注入量制御を従来のプラントのように

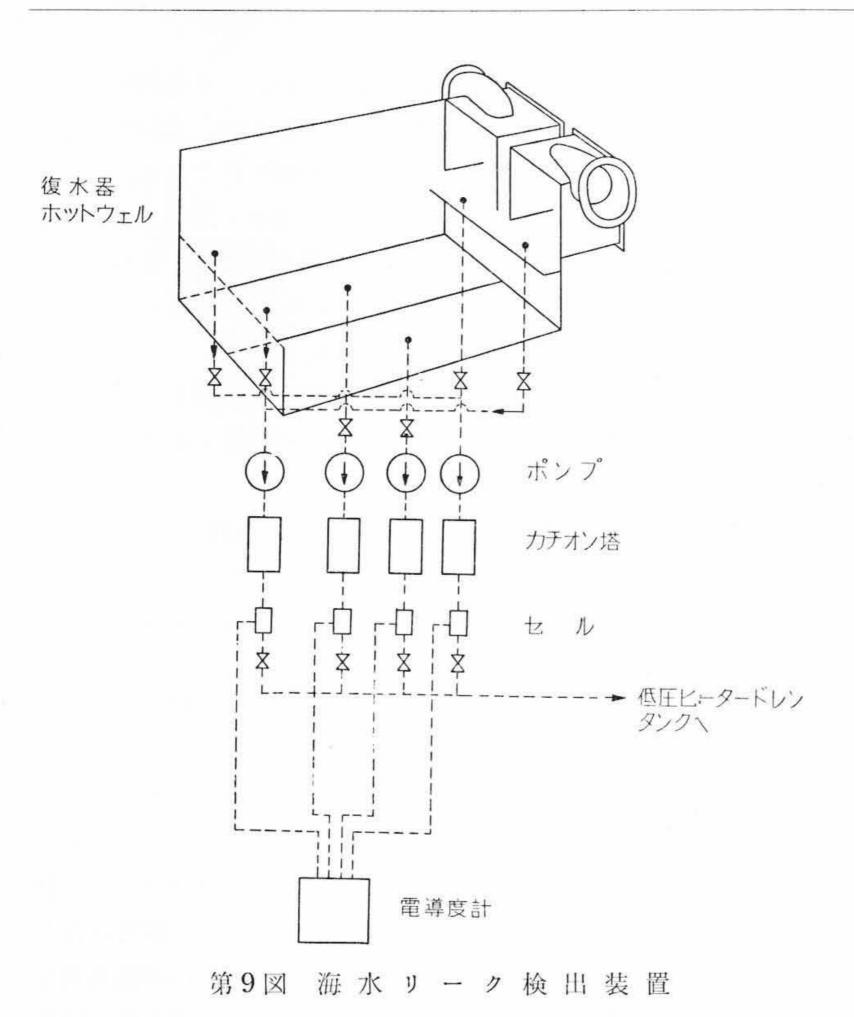
TVA

Dayton P&I Met Edison

Plant	Ohio Power Philo Unit #6	Phila. Elec. Eddystone #1	Cleve, Elec. Illum, Avon #8	Ind. & Mich. Elec. Breed Plant	Ohio Power Sporn Plant	Baltim. G&E Crane Sta. #1	So. Cal. Edi- son Hunting- ton Beach	Col
蒸気圧力(psi) 蒸気温度(°F)	4,500	5,000	3,500	3,500	3,500	2,700	2,450	

Plant	Philo Unit #6	Eddystone #1	#8 Avon	Plant	Sporn Plant	Crane Sta. #1	son Hunting- ton Beach	Colbert Plant	Tait Station	Portland Sta.
蒸気圧力 (psi)	4,500	5,000	3,500	3,500	3,500	2,700	2,450	2,400	2,400	2,400
蒸気温度 (°F)	1,150	1,200	1,100	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050	1,050
ボイラ製造者	B & W	C-E	C-E	B & W	B & W	B & W	B & W	B & W	C-E	C-E
蒸 発 量 (lb/H)	725,000	2,000,000	1,715,000	3,000,000	3,000,000	1,000,000	1,638,000	3,000,000	940,000	1,150,000
復 水 量(GPM)	1,450	4,500	2,500	3,750	3,750	1,860	2,900	4,900	?	3
復水バイパス	脱塩装置					脱塩装置				
フィルタ形式	* Wire-Wound	** leaf	*** Wire-Wound	* Wire-Wound	Wire-Wound	leaf type (a)	leaf type (a)	Wire-Wound	none	none
処 理 容 量	40%	30 to 100%	50 to 100%	100%	100%	100%	100%	100%		
脱 塩 塔										
処 理 容 量	14%	30-100%	50-100%	35%	35%	100%	100%	100%	none	none
再 生 方 式	in place	in place	in place	in place		in place	external	external	55.55.65.05.05.05	-
後置フィルタ形式	screen strainer	?	Cuno, Cartridge	Screen Strainer	Screen Strainer	Strainer	Yes-type unknown	Filtrite- Cartridge	none	none
製 造 者	Permutit	Graver	Cochrane	Permutit	Permutit	Graver	Graver	Cochrane	_	
運 転 開 始	March, 1957	Jan. 1960	1959	Early 1960	Late 1960	1961	Late 1960	1961	1958	1958
										10

第3表 復水バイパス脱塩装置使用例(米国貫流ボイラにおける)



PH値によらず電導度により行うのは次の理由による。

- (1) PH計はガラス電極を用い標準電解液との電離度の比較よ り計測する関係上多少の時間遅れがまぬがれないのに対し、電導 度計は水中に直接そう入された電極により, ただちに検出が可能 のため時間的に速い。
- (2) 復水脱塩装置を設けて常に復水純度が安定しているため、 電解質はアンモニア以外はごく少なく, アンモニアがほとんど大 部分を占めている。
- (3) アンモニア量とPHは全然比例関係ではないのに反しアン モニアと電導度はほぼ比例関係にあり PH計に比べて電導度計は 精度が良い。

酸素除去剤としてのヒドラジンはアンモニアと同じ復水ポンプ出 口に注入するが、脱気器出口にも注入できるようにする。ヒドラジ ンを低圧給水系統に入れることは,腐食防止のための高圧給水系統 の酸素制限値は脱気器において十分得られるので, むしろ低圧給水 系統の酸除去を期待し,腐食を防止することと,ヒドラジンの反応に は長い時間を要するのでボイラよりなるべく遠い点に注入し長い反 応時間を確保することにある。この場合ヒドラジンが大気に放出さ れるおそれもあるが実測の結果(3)はきわめて微量であるため高圧給 水系統にヒドラジンを保持することは十分可能である。

この場合ヒドラジンの注入量は主として主給水流量に比例して制 御されるが、節炭器入口の残留ヒドラジンは20ないし30ppbに押 えることが必要である。

#### 6. 復水および給水加熱装置

強制貫流ボイラプラントの復水および給水加熱装置で特に検討を 要する問題は次のとおりである。

- (1) 復水装置
  - (a) バイパス蒸気の導入機構
  - (b) 復水器における海水の漏えいの検出装置
- (2) 給水加熱装置

高圧給水加熱器加熱管材質の選定 以下これらの諸問題について述べる。

# 6.1 復 水 装 置

#### 6.1.1 バイパス蒸気導入機構

過熱器バイパスおよびタービンバイパス系統からフラッシュタ ンクを経て復水器に導かれるが,この場合タービン排気室の温度 を異状に上昇させたり高速度の噴射蒸気により冷却管を損傷する ことのないように処理する必要がある。バイパス蒸気は復水器上 部胴体に設けられた特殊なエネルギーダンパ内で数段に膨脹して 減圧されたのち復水器内に噴射される。この際噴出蒸気により各 部に衝撃,振動などを生じないよう考慮されている。またこのバイ パス蒸気のために異状に復水器真空が低下し, タービンをトリッ プさせないように一定の真空になったとき, フラッシュタンクか ら復水器へ導入するダンプ弁は強制的に閉じるようにインターロ ックされている。またエネルギーダンパの上部には,高温蒸気が タービン側に侵入するのを防ぐため,バイパス蒸気の導入と同時 にスプレーを噴射して復水器とタービン間をスプレーのカーテン で遮断するようにしている。このスプレー弁はフラッシュタンク からのダンプ弁が開く前に開くようにしている。

# 6.1.2 海水漏えい検出法

ボイラ給水中の全固形分の制限値は 250 ppb というごく微量の 値である。このため前述のように復水のバイパス脱塩装置を設置 してこの制限値を確保するよう考慮されているが、 復水器で冷却 水の漏えいを生ずれば固形分が増すため、常に冷却水の漏えいの 検出を行い, できるだけすみやかに, 漏えいの発生を検知して, 復水バイパス脱塩装置を通すようにする必要がある。

#### (1) 漏えい検出箇所と復水だめの構造

復水器で漏えいの懸念される箇所は拡管部と冷却管自体の腐食 せん孔である。

拡管法の信頼度は相当に高いが, 復水器中漏えいの機会の多い のは拡管部と考えられるので、この観点から管板部を独立して取 り出し、その他左右に2区分し、大容量ではさらに前後に分割し て全部で4区分としおのおのの区分ごとに検出点を設け、漏えい の発生箇所をただちに判定できるようにするとともに,ごく微量 の漏えいでも、それが希釈されない状態で測定しうる構造とし た。

#### (2) 漏えい検出装置

復水中には給水処理剤またはその分解生成物であるアンモニア が混入しているが本装置としてはアンモニアの存在にかかわりな く検出できなければならない。

第9図はこの検出装置の系統図を示すが、図より明らかなよう に復水器は必ずいずれの循環水側であるかがわかるように左右の 中心に仕切り板がはいっている。また管板の冷却管の取付部は海 水漏えいの機会も多いと考えられるのでそれぞれにトレイが設け てある。図に示すようにサンプルした復水はいったん陽イオン交 換樹脂筒を通して NH<sub>3</sub> の影響を除きかつ海水が漏えいした場合 には NaCl が多いため Na+ を取り去り HCl の強電解液に替えて 感度を上げて電導度計で計ろうとするものである。この系統は負 圧側で特に重要な復水器に連絡しているため注意を要し, サンプ ルの循環にはキャンド形のポンプを採用している。

## 6.2 高圧給水加熱器加熱管材質

従来わが国における新鋭火力プラントはほとんど銅系統のキュー プロニッケルまたはモネルメタルが使用されているが, 貫流ボイラ プラントにおいては上記のように給水の二次処理にアンモニア, ヒドラジンなどを使用することと,ボイラ給水中における銅の制限 値が非常に少ないことから高圧給水加熱器加熱管の材質選定に対し ては慎重なる検討を必要としてきた。

高圧給水加熱器用加熱管材として,鋼管を使用している実績は欧

第4表 ドイツ規格による加熱管材質

材	質	Fe	О	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
15	Mo3	Re	$\begin{vmatrix} 0.12 \\ \sim 0.20 \end{vmatrix}$	$0.15 \\ \sim 0.35$	$0.50 \\ \sim 0.70$	0.04	0.04	-	$0.25 \\ \sim 0.35$
13Cr	Mo44	Re	$0.10 \\ \sim 0.18$	$0.15 \\ \sim 0.35$	$0.40 \\ \sim 0.70$	0.04 以下	0.04 以下	$0.70 \\ \sim 1.0$	$0.40 \\ \sim 0.50$
ST	35.8	Re	0.17	0.35	0.40 以上	0.05	0.05 以下	-	-

第5表 西ドイツベンソンボイラプラントの高圧給水加熱器材質

発 電 所 名	出 (MW)	主蒸気圧力 (kg/cm²)	蒸気温度 (°C)	加熱管材質
GrossKraftwerk	100	160	540/540	ST 35.8
Asnaffenburg	75	193	530/510	ST 35.8 15 Mo 3
Walsum	150	211	535/535	15 Mo 3
Niederrnein	68.5	181	525/510	15 Mo 3
Frimmersdorf II	150	170	530/530	ST 35.8 15 Mo 3
Hüls II	85	300	600/560/560	15 Mo 3

州に非常に多く、特に西ドイツではほとんどが第4表に示す DIN の鋼管を使用している。第5表は最近調査した西ドイツの代表的高温高圧ベンソンボイラプラントの例で Hüls の超臨界圧力プラントをはじめとして、すべて鋼管を使用している。これら各プラントの運転実績を調査の結果(5)、二次処理は上述のようにアンモニアとヒドラジンを使用しており、ほとんどのプラントが連続運転を行っている。起動停止はごく少ない状態ではあるが鋼管加熱器に関する腐食そのほかの事故は皆無であった。

わが国においては鋼管の使用実績が十分得られていないが、米国の最近の傾向は強制貫流ボイラプラント(ほとんどがUPボイラ)において、たとえば Philo、Crane (6)、TVA、Seawaren などのプラントには鋼管形加熱器を採用するに至っており、今後ますます使用される傾向にある。

加熱管の材質を種々の観点より比較してみると第6表に示すとおりである。

以上述べた調査検討結果によりわれわれは特に起動停止の激しい プラントを除いては高圧給水加熱器加熱管として鋼管を使用するこ とにしている。なお低圧給水加熱側はすでに述べたようにドレンを いったんもどし復水脱塩装置を通すゆえ従来どおりの材質でよい。

#### 7. 起 動 停 止

さきにバイパス系統の項で一部言及したが, さらに操作段階別に 分けてその起動停止について説明することとする。

# (1) 起動準備

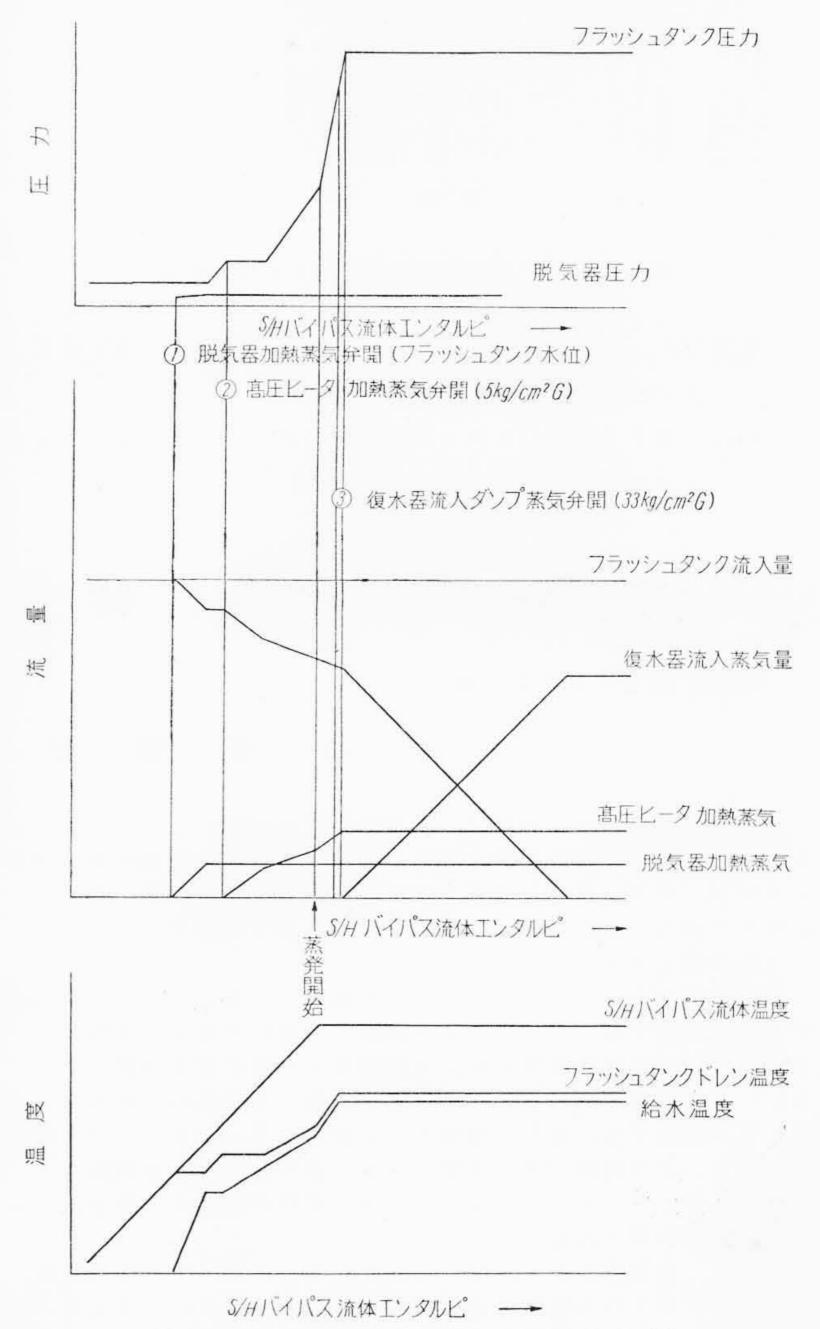
従来の自然循環ボイラの場合のほか、おもに次の各項の準備を 必要とする。

- (a) 復水バイパス脱塩装置を再生しておく
- (b) ボイラおよびバイパス装置に純水を満たし空気を抜く
- (c) 所内ボイラ起動
- (d) 脱気器起動循環を開始
- (2) ボイラの起動
  - (a) タービンのターニング開始
- (b) タービングランドシールにシーリング蒸気供給し起動エゼクター運転開始(蒸気はいずれも補助ボイラより供給する)真空をあげる。
- (c) 復水ポンプを起動し低圧ヒータ系統を脱気装置を通して 再循環しながら脱気を行う。
- (d) 給水ポンプを起動し、過熱器バイパス弁、フラッシュタンクを通して循環する。流量は 1/3 とする。
- (e) ボイラに点火

第6表 高圧給水加熱器材質比較表

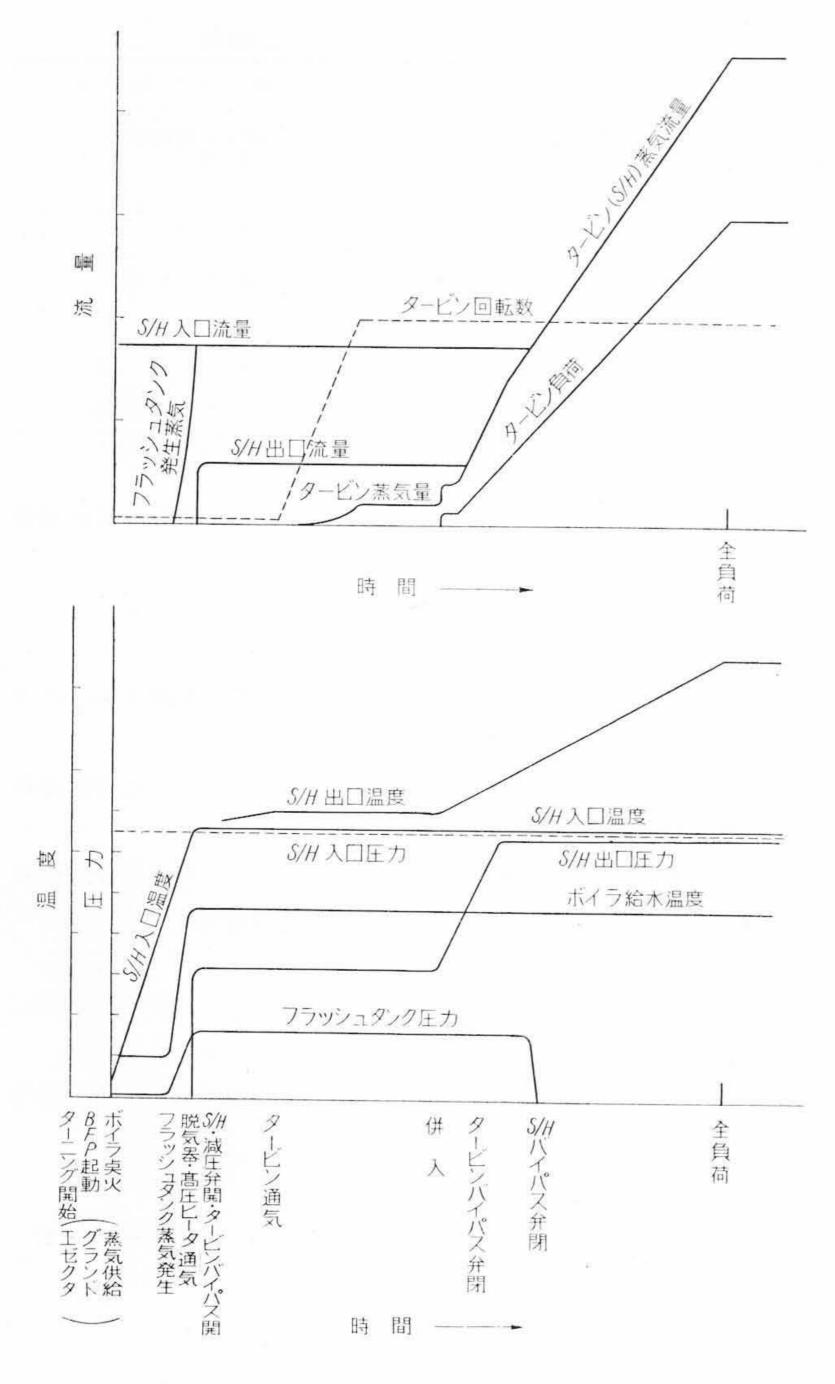
			銅	管	鍋ニッケル	合 金
耐	食	性	NH3 に強い 多量の酸素に弱 (起動, 停止には	V	NH <sub>3</sub> に比較的 酸素に強い	弱い
伝	熱	性	9:1 キュープロ	コニッケルと同じ	モネル 7:3 キュールは鋼管より悪い	プロニッケ
熔	接	性	容	易	鋼管より悪	! い
加	工	性	同	υ	同	ľ
検		査	内部検	査 容 易	困	難
保		守	容	易	薬品処理团	1 難

- (f) フラッシュタンクに蒸気が発生し水位が現われ水位調整 弁が作動を開始する。(第10,11 図参照)
- (g) 脱気器加熱蒸気弁がフラッシュタンクがある水位まで下ったとき開く。
- (h) 過熱器管中の水がボイルして主蒸気管を加熱するよう主 そく止弁の上部ドレン弁を開く。
- (i) フラッシュタンクがさらに高い圧力に達したとき高圧加熱器への蒸気弁が開く。
- (j) さらに圧力が上昇してフラッシュタンクの最高使用圧力に達したとき復水器へのダンプが開き余剰蒸気を復水器へ導入する。
- (k) 過熱器入口の流体温度が飽和温度以上の一定の過熱度に達したときタービンバイパス弁を開く。
- (1) 過熱器減圧弁を開き蒸気を二次過熱器に通し、主蒸気の



第10図 フラッシュタンク起動曲線

 $\Box$ 



第11図 強制貫流プラント起動曲線

温度がタービンの起動蒸気状態に合うよう燃焼率を調節する。 (3) タービン起動と負荷の上昇

(a) 主そく止弁バイパス装置によりタービンに送気タービン

速度を上昇。

- (b) タービンの使用蒸気量が増すにつれてタービンバイパス 弁を閉じる。一方過熱器バイパス弁は自動的に閉じてゆく。
- (c) 併入して負荷をとり, のち一定割合で負荷を上昇。
- (d) 主そく止弁のバイパス弁が全開したら過熱器減圧弁のセット圧力を徐々に上げてゆく。
- (e) 過熱器止弁が開きうる差圧以内に主蒸気圧力が上昇した らこの止弁を開く。
- (f) 過熱器を通る蒸気量がボイラの負荷相当量になれば起動流量の全量が過熱のほうに流れることになり過熱器バイパス弁は全閉する。このとき過熱器バイパス弁のセット圧力を安全弁より早めに吹く圧力にセットする。
- (g) タービン全負荷をとる。

以上のように自然循環ボイラに比較してボイラとタービンは互に 関連をもった起動を行うことになる。

停止の場合は起動の場合とまったく逆の順序で行うことになる。

# 8. 結 言

以上強制貫流ボイラプラントの特長について概略述べた。本文は日立製作所がわが国で最初の大容量強制貫流ボイラタービンプラントの計画および設計を行うに際して十二分の調査研究を行い、さらに米国におけるUPボイラプラントの計画設計に豊富な経験を有する有名なコンサルタントたる Bechtel Corp. との技術提携による成果の一端である。

本文に述べられた強制貫流ボイラプラントは 1,800 psig ないし 2,400 psig 級のプラントであるがその内容は超臨界圧力プラントと同等の考慮が払われており従来のベンソンボイラプラントからみれば一段と高級な設備であるが、これらの運転結果を基としてさらに高能率の強制貫流ボイラプラントにしたいと念願している。

# 参 考 文 献

- (1) 中崎: 火力発電 Vol. 10 (1959-9)
- (2) 中崎: 日立評論 別冊 37 (1960-7)
- (3) 川島: 火力発電講演会 (1959-9)
- (4) R. I. Smith: American Power Conference (1960-3)
- (5) 谷岡: 火力発電 Vol. 12 (1961-7)
- (6) F. V. Neat: ASME Paper No. 60, WA-216

# mo my and more and

# 特許の紹介



特許第270757号

四十十十

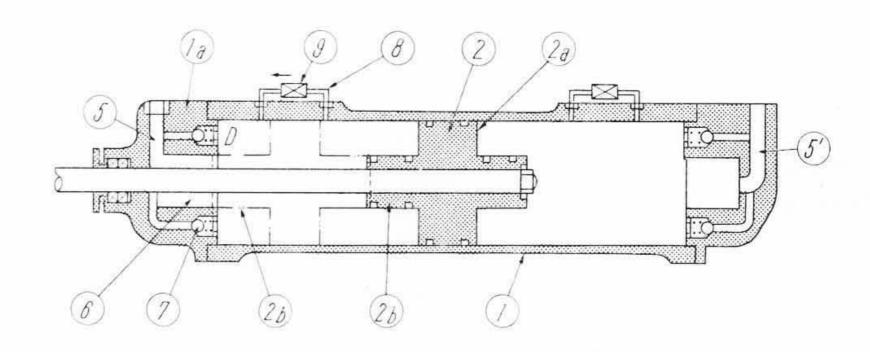
中春雄•早川 清

# 往復動ピストン装置

この往復動ピストン装置は、積込機などの操作シリンダに適するもので、ピストンの行程の末期において、ピストンを動かす圧気をピストン、シリンダ壁、逆止弁により構成される緩衝室に導入し、以後その導入した圧気をピストンの動きにより圧縮するようにしたことを特徴とする。

導気路 5'からシリンダ 1 内に圧気が給入されると、ピストン 2 は左方向に移動する。ピストン 2 が鎖線の位置にくると(すなわち、小径部 2 b が円穴 6 にはいり、大径部 2 a が分岐管 8 の開口間にくる)、大径部の右側の室から分岐管 8 を経て大径部の左側の室 D 内に圧気が流入する。室 D は端壁 1 a ・逆止弁 7 ・ピストンの小径部 2 b、シリンダの周壁・逆止弁 9 によりくぎられ緩衝室を形成する。それよりさらにピストンが左行すれば、室 D の圧気が圧縮され、いわゆる緩衝作用が行われる。

つぎに、導気路5から圧気が供給されるときは、圧気は円穴6、 二つの逆止弁7の3箇所を通して同時にピストン2に作用する。し たがって、ピストンの始動の時の圧力が大きく始動時間が早められ



る。ピストンが右行程の末期に達すると前述と同様に緩衝作用が行われる。

この往復動ピストン装置は、簡単な構造からなり、ピストンの行程の末期に構成される緩衝室内で圧気を圧縮するので無気圧の空気を圧縮する場合にくらべ緩衝作用がきわめて良く、また始動時の圧力が大きくなる効果がある。 (富田)