

東京電力株式会社新東京発電所用
75,000 kW タービンプラント用復水および給水加熱設備
Steam Condensing and Feed Water Heating Plant for
75,000kW Turbine Plant

佐々木 精 治*
Seiji Sasaki

内 容 梗 概

火力発電プラントの大容量化に伴い、その復水設備や給水加熱設備の重要性はますます増大しつつあり、したがってその機器の設計製作には多くの新技術が開拓されつつある。これら機器の最近の傾向を示す代表例として、東京電力株式会社新東京発電所納 75,000 kW 再熱タービンプラント用復水器、空気ポンプ、脱気器および給水加熱器について設計方針および構造、機能上の特長を述べる。

すなわち復水器においてはバネ支持装置をやめてタービン排気室との間に膨脹接手を設け、また冷却水系統にレバーシングバルブとパーチションバルブを設備した。脱気器は完全圧力型トレー式とし、またその Storage Tank には Anti-Flashing Baffle を設けた。また給水加熱器はすべて U-Tube の加熱管とし、特に高圧給水加熱器水室は Bleech-Block Type を採用した。

これらの機器は近く開始される営業運転において、性能、信頼度および取扱いなどの面で好成績をあげることが期待されている。

の構造、機能、特長などを述べることとする。

〔I〕 緒 言

復水設備や給水加熱設備はプラント熱効率に非常に重要な役割を持つことは改めて詳述するまでもないことであるが、従来これらの機器はその機能が、ボイラ、タービン、発電機などのように、発電という最終目的に対して直接的でなかつたため、またかつて旧式のプラントにおいては比較的小規模、単純で、極端な場合これらを全然使用しなくても発電を行うことができたため、いわゆる「補機」と称せられ一般に従属的に扱われてきた。

しかし近來の高温高圧大容量化の傾向とユニットシステムの採用はこれらプラント機器に対して厳密かつ高度の性能と信頼度を要求するようになり、さらにこれら機器の大型化と複雑化とともに、もはや従来に従属的補助的な立場は許されなくなつた。すなわち、最近の大容量プラントにおいてはその真空度、給水の純度、給水温度などは発電所の安全な運転のための重要な要素となつている。したがって最近のこれらプラント機器はボイラ、タービン、発電機とともに、火力発電所における最重要設備として扱われるようになった。

日立製作所においては、発電設備の総合メーカーとしての視野と技術と経験に加うるに米国一流の補機メーカーである Foster Wheeler 社との技術提携を行い、その最新の技術を折込んで、これら斯界の傾向に十分適応し、最も斬新、高性能かつ信頼度高きプラント機器の製作に努力してきた。

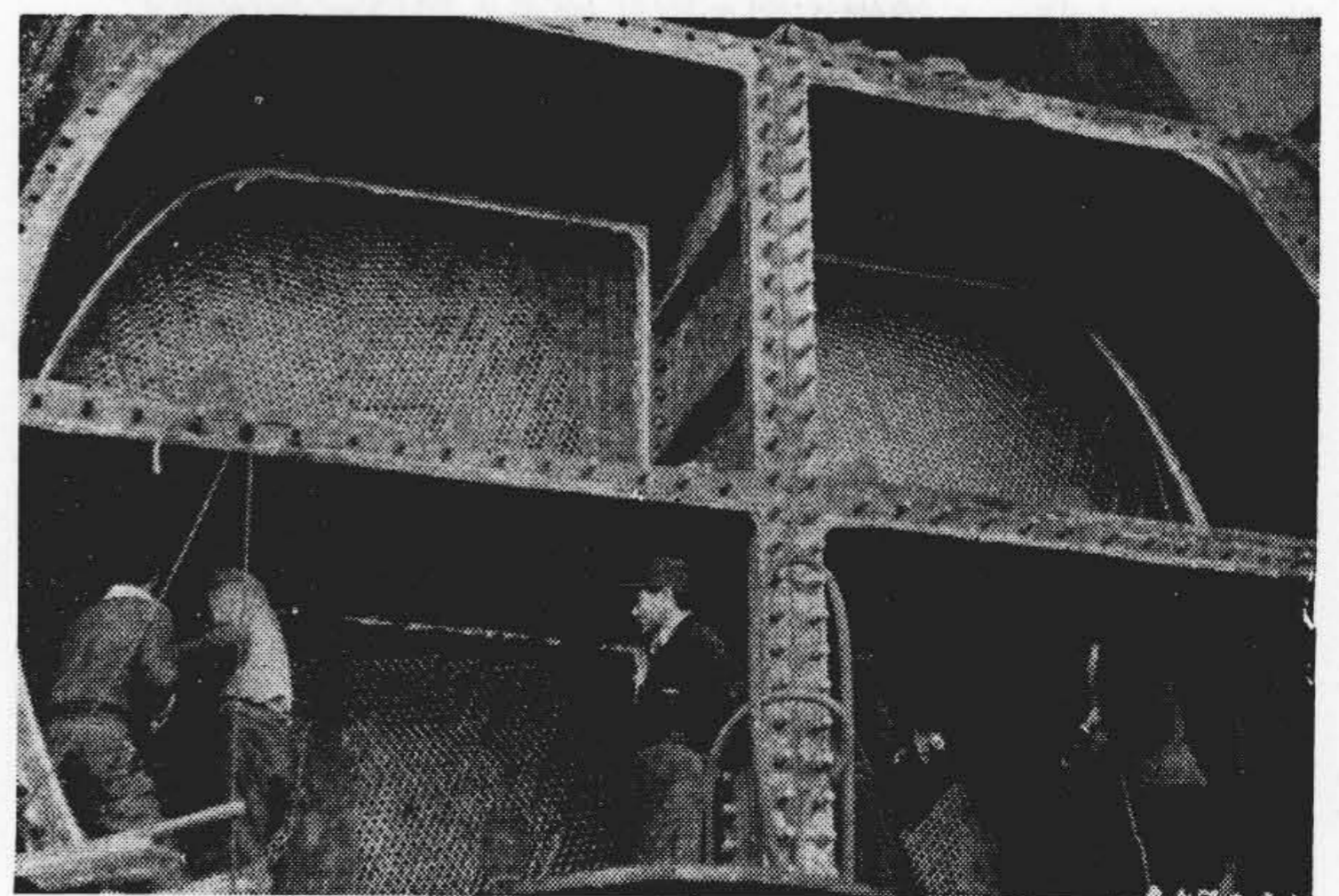
以下その代表例として、最近完成し近く営業運転に入る予定の新東京発電所 75,000 kW 再熱タービンプラントの復水および給水設備用機器について、そ

〔II〕 復 水 器

本復水器は表面接触型二折流式で通常運転すなわち 2 ポンプ—2 区画運転のほか、1 ポンプ—2 区画、1 ポンプ—1 区画運転も随時連続的に行い得るよう設計されている。その主要目は第 1 表のとおりであり、また第 1 図にその形状を示す。発電所の大容量、高性能、自動化は、そのまま最近の復水器の傾向を示すものであり、本復水

第 1 表 復 水 器 主 要 目

冷 却 面 積	5,000 m ²
冷 却 水 量	12,500 t/h
冷 却 水 温 度	21.8°C
真 空 度	722 mmHg (75 MW 時)
冷 却 管 寸 法	1 in OD×7,560 mm
冷 却 管 本 数	8,360 本
管 固 定 法	両端エキスパンド



第 1 図 復 水 器

* 日立製作所日立工場

器においても多数の斬新な設計が採り入れられている。

(1) 管配列

復水器においてはその管配列の良否は性能の死命を制する重要事であるが、配置特にタービン基礎架台によつて制限された寸法内において、できるだけ管束第1列の蒸気接触面積を大きくして蒸気のを速度を小さくすること、また同時に蒸気通路の長さを比較的短かくして通路上下間の圧力差を減らし、しかも全管束における蒸気の負荷が均一になるよう考慮されている。

空気冷却部は全管束より不凝気を一様に導き冷却するよう配置されているが、この部は特に低温、高真空となるので、復水器との間の熱伝達や蒸気の漏洩がないように構造的にも注意が払われている。またこの部の（蒸気＋空気）の混合気は冷却されるにつれてその容積が急激に減少し、同時に空気の割合が多くなるので、熱伝達率の低下を防ぐため適当な仕切板を設け接触速度の維持を図っている。

(2) 復水の処理および脱気

冷却管に復水が附着すると過冷却の原因となり、また冷却管の熱伝達率が低下するので、凝結水はその下方の管を濡らすことなく復水受に落下するよう、適宜に樋や案内板が設けられその通路が形成されている。これら復水は復水溜上部に設けられた脱気用トレーに受けられ、これより薄い膜状をなして落下する時に排気室より直接導かれた排気と接触し再熱脱気される。また給水加熱器や抽気管系などの高温の疏水も、そのフラッシュ蒸気が脱気を助勢せしめるよう特に考慮が払われている。

かくして本復水器は全運転範囲にわたつて復水中の溶解酸素が 0.03 cc/l 以下を維持することができる。

(3) 支持方法

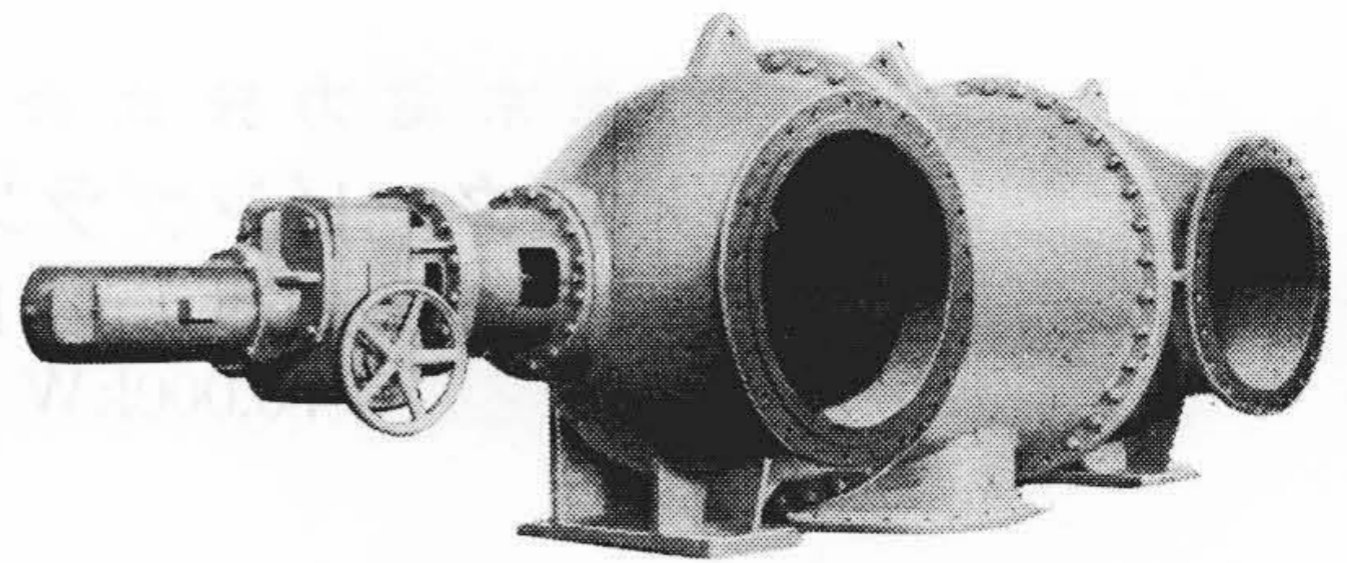
従来慣用されていたバネ支持方式は、復水器が大型になるにしたがつて非常に大きなものとなり、また据付時の調整も困難となる。

本復水器においては従来のこの方式を改め、復水器胴体上部の中間に不銹鋼板製の膨脹接手を設けて熱膨脹を吸収するようにし、したがつてその支持脚は基礎コンクリート上に強固に固定する方式を採つた。

かかる方式を採用することにより支持装置ははなはだ小型簡潔となり、かつわが国において特に重要な耐震性を向上させることができた。なおこの方式においては、運転時に膨脹接手断面積に相当する真空荷重がタービン車室と基礎架台に下向に作用するので、これに対して十分な強度が与えられている。

(4) 冷却管の固定法

冷却管は両端を管板に拡管して固定しているが、胴体の軸方向膨脹接手は設けていない。ただし冷却管が中央で上方に弯曲するように隔板を配置してあるので、もし



第2図 新東京発電所 75,000 kW 復水および給水加熱設備レバーシングバルブの外観

管と胴体間に温度差が生じた場合には拡管部になんら無理を与えることなく、その撓みによつて両者の伸び差を吸収することができる。なお冷却管の弯曲は復水器停止の場合に管内の排水を完全にし、また管の固有振動数を高める効果がある。

(5) レバーシングバルブ

本復水器は冷却海水が胴体下半より入り、上半より出るように設計されているが、運転中に定期的にこの流れの方向を逆流せしめ、すなわちバックウォッシュを行うことにより管内の種々な異物やスケールを除去するため、レバーシングバルブを設けてある。

この弁は電動の回転弁式四方弁で海水の中にて運転されるものであるから、材質、構造の上で特に慎重な考慮が払われている。

この弁は復水器前側のピット内に横型に左右おのおの1台設置されている。逆流する場合は当然復水器の能力が低下するので、負荷を最底値まで下げた状態で実施することが望ましい。弁の切換時間は正逆おのおの約30秒である。第2図に本弁の外観を示す。

(6) 水室連絡弁

1ポンプ—2区画運転および1ポンプ—1区画運転を行うため水室連絡弁を設けてある。この弁は電動蝶型弁とし前側水室の左右仕切壁に取付けられているため従来のように連絡管および弁を外部に設ける必要がない。

(7) 電気防蝕設備

冷却管、管板および水室内面の海水による電蝕防止のため、外部電源式防蝕設備を設けてある。電源は電動発電機を用い、前後水室におのおの16個適当に配置された磁性酸化鉄製陽極に防蝕電流を供給する。防蝕電流は面積 1 m^2 当り約 0.03 A である。

(8) その他

タービンと復水器との接続部は通常基礎架台内に入り据付後の点検が困難で、運転中漏洩が発生した場合でもその補修がむづかしい。よつてこの部は最も確実でかつ永久的な溶接によつて接続されている。また低圧加熱器の中の1個は配置配管上の考慮から復水器胴体と膨脹接手との中間に横型に内蔵せしめてある。そのほか各種の制御監視方式や関係各機器との連絡など、総合された火

力発電プラントとしての考慮が各所に払われている。

〔III〕 エゼクタ

(1) 主エゼクタの容量

復水器にて冷却され分離された不凝混合気を抽出して器内の真空を維持すると同時に、復水の脱気を十分行わせるため器内に僅少ながら停滞する不凝気分圧を極力零近くまで下げることがエゼクタの役割である。この目的のために必要とする容量は復水器の空気分離能力と外部から侵入する空気量とに関連する問題である。

この空気の大部分は各接合面やグランド部などよりの漏洩であるが、タービングランドに封水パッキンを採用しタービン排気室と復水器の接続部を熔接構造にすることにより、その漏洩量は非常に少なくなっていることは既設のプラント（たとえば東京電力株式会社鶴見第2発電所）などにおいて実測されている。さらに各種低圧管系にできるだけ熔接を採用し、脱気器は完全圧力式に制御される本プラントにおいてはさらに漏洩量は減少し、アメリカの火力プラントの標準すなわち HEI 規定値以内であることが十分確認されている。

(2) 主エゼクタの構造、機能

本エゼクタは二連二段式で、中間冷却器と後冷却器は1個の胴体内にコンパクトに収められており、二連を同時に運転しても十分な容量を有している。

起動時など復水流量が極度に少ない場合にもエゼクタの機能を維持するため、エゼクタ冷却器出入口の復水温度差により開閉するダイヤフラム弁を用い、復水量がある限度以下になつた場合に自動的に復水を再循環せしめ、常に最低所要量以上の冷却水が流れるように考慮されている。

中間冷却器において発生した疏水は従来と同様Uシール管を経て復水器へ導かれるが、最終冷却器の疏水は比較的高温であり、またこれを従来のように復水器へ導くためには、とかく空気漏洩の原因となりやすいトラップを使用しなければならぬので、タービンの封水パッキン排水などと一緒に封水回収輸送ポンプを通じて復水管に送り、熱経済と運転の安全を図っている。

本エゼクタは工場において厳密な単独性能試験が実施されたが、駆動蒸気量と吸入混合気の比、すなわち蒸気消費率が4.0以下にて規定の容量と真空度が得られており、したがってプラント熱消費率にも予期以上の好影響をもたらすことが期待されている。

エゼクタ排気口に空気流量計を設け、

常時抽出空気量を実測できるようにしているのも、たとえば復水器真空が低下した場合など、その原因の判定が容易にできる。

〔IV〕 脱気器

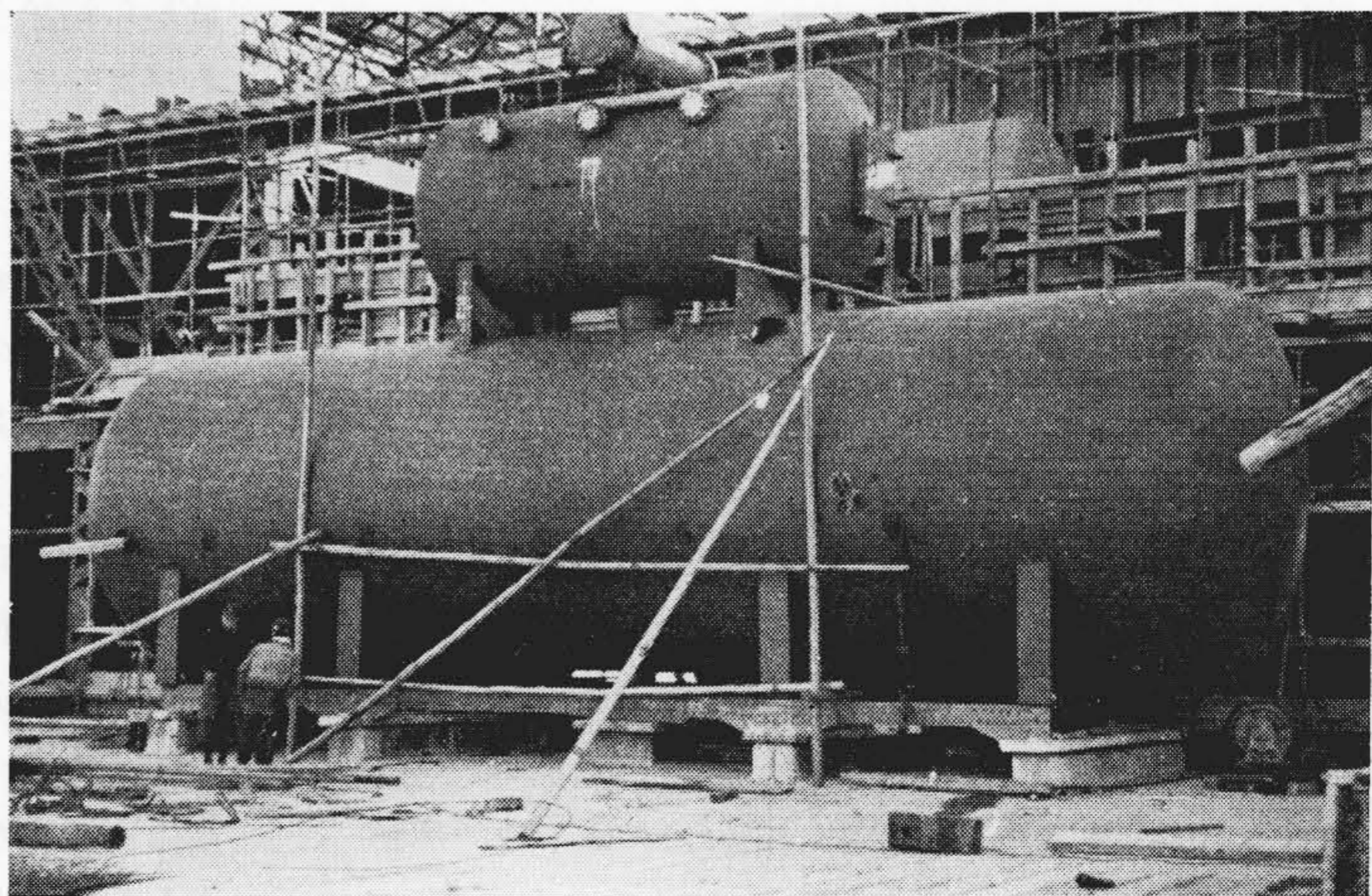
本プラントのように高温高圧のボイラにおいては、給水中の溶解酸素量のいかんはその運転の安全を左右する重大要素であり、脱気器に課せられた使命は重大である。

この脱気器は復水器において 0.03 cc/l 以下に脱気された復水をさらに脱気して、運転の全負荷範囲にわたつて、その出口における溶解酸素量を 0.005 cc/l 以下に保つよう設計されたトレー型全圧力式脱気器である。すなわち正規運転においてはタービン第3抽気によつて加熱脱気されているが、負荷の低減によつて器内圧力が 0.4 kg/cm² 以下になると自動的に高位の抽気によつて切換えられ、また運転停止の場合には所内蒸気を導入して器内の圧力を常に大気圧以上に保ち、弁やそのほかよりの微量の漏気の完全防止を図っている。

第2表の要目に示すようにこの貯水タンクは大きな保有水量を持ち、また後述するように「アンチフラッシュバブル」を設けてあるので、起動時にタンク内の保有水を短時間内に加熱することは困難である。よつて別に脱気器起動用ポンプを設け、器内の水をタンクーポンプ

第2表 脱気器 主要目

最大処理水量	260 t/h
溶解酸素量 (入口)	0.03 cc/l 以下
溶解酸素量 (出口)	0.005 cc/l 以下
復水温度 (入口)	107°C
復水温度 (出口)	147.3°C
タンク容量	130 t



第3図 据付中の脱気器

—脱気室—タンクと循環せしめるように考慮されている。

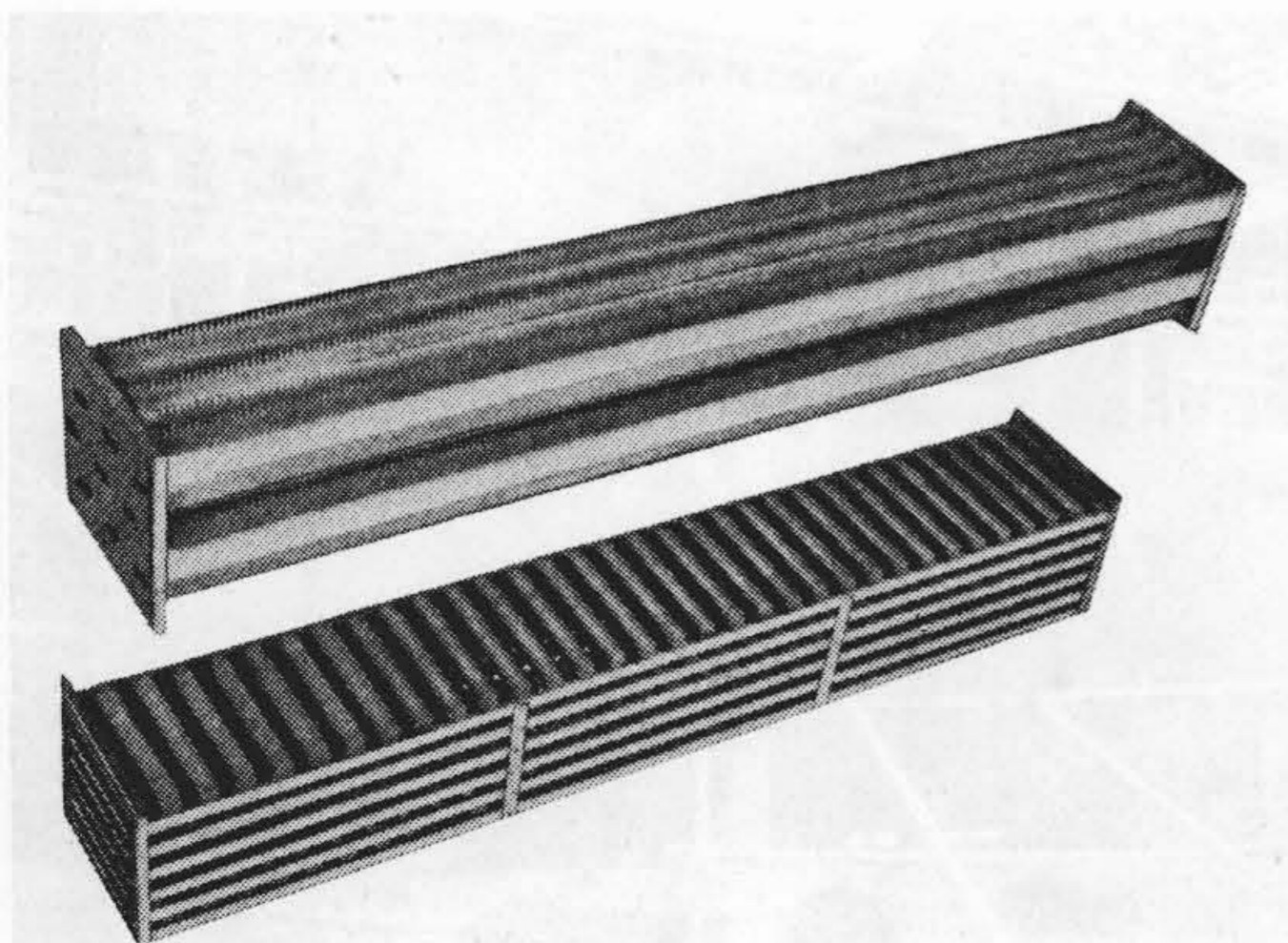
この脱気器は給水加熱系統の途中に設けられているので、その通例として接触式給水加熱器の役目と給水ポンプのサージタンクとしての役目もあわせ持つてはいることはいふまでもないことである。第3図にこの全外観を示すが、以下本脱気器の構造と機能の要点について述べる。

(1) 脱気室

脱気室において完全な脱気を行うためにはまず第一に給水をできるだけ小さな粒に粉碎し、加熱蒸気との接触面積を大にするとともに粒子内の溶解不凝気を容易に分離せしめることが必要であるが、この方式にはスプレー式とトレイ式があるが本脱気器にはトレイ式を採用した。トレイ式はスプレー式に比べて比較的大きな容積を必要とするが、負荷が低下した場合にトレイより流れ落ちる水膜の厚さは薄くなり、したがって粒子の大きさが小さくなるので脱気性能が向上する傾向がある。

トレイ式脱気器においては給水を全トレイ面に完全に均一に分布せしめることが、その性能発揮上非常に重要である。このためまずスプレー管より出た給水は分布用トレイによつて全脱気面に均一に分布され、その下に多数配置された脱気用トレイに流れ落ちるようになってくるが、さらに各トレイの面がよく水平に取付けられていることが必要なので、実際据付時に運転状態においてトレイ面が水平になるように特に綿密な注意を払つて水平調整を行つた。第4図に分布用トレイおよび脱気用トレイを示すがこれらはすべて不銹鋼板を使用し精密なプレス加工の後抵抗溶接によつて成形されている。

脱気室の内部は、加熱分離された不凝気が加熱蒸気の流れや給水の滴下に邪魔される事なく、後述のベントコンデンサへ導かれるための通路や、脱気を終了した給水が下のタンクへ流下するための通路、加熱用タービン抽



第4図 脱気器用トレイ
上……分布用トレイ
下……脱気トレイ

気や給水加熱器疏水などが衝撃なくかつ有効に作用するための蒸気通路、下のタンクのベント、およびベントコンデンサよりのドレンの水封式通路など、それぞれ最も適切に形成されるように仕切られている。

(2) ベントコンデンサ

ほぼ飽和温度にある不凝混合気を脱気器に入る復水によつて冷却して、不凝気の混合比を高め、ベントより随伴逸出する復水を節減するためベントコンデンサを設けてある。ベントコンデンサにおいて発生した疏水は脱気室の適當箇所に返さねばならぬが、ベントコンデンサ内において必然的に生ずる圧力降下に打勝つて脱気室に流れるようその通路は水封式とし十分な水頭を与え得るようにした。ベントコンデンサ蒸気側の圧力損失が上記水封式疏水路の有効水頭より大きくなると、疏水の還流が行われなくなるので、ベントコンデンサ内の抵抗を極力減らしかつ冷却効果十分なようその設計には特別の考慮が払われている。

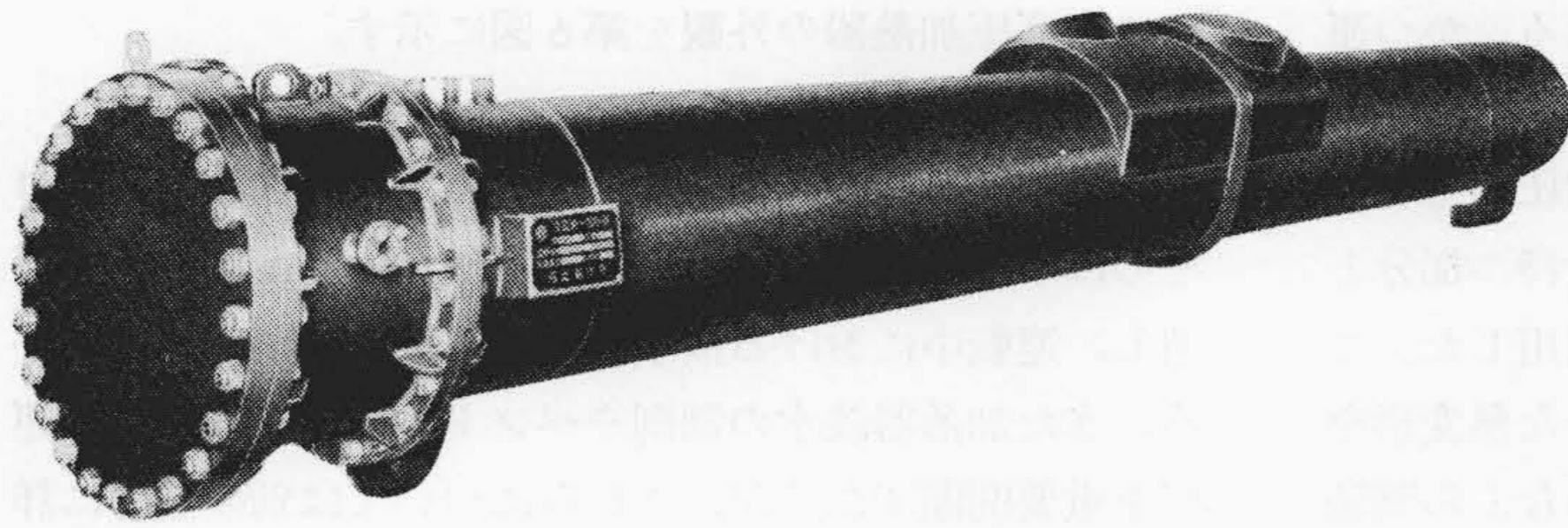
(3) タンク

このタンクはプラントの負荷変動の際に生ずるボイラの保有水量の変化、給水量と復水量の過渡的な不平衡などに対する緩衝的役割を持つものであるが、前表に示すように大量の飽和水を保有しているので、負荷変動にあつてはその慣性が大きく、特に負荷急減の際には相当のフラッシングを起こすことがあり得る（もつともこの場合には別に述べるごとく加熱蒸気の自動切換装置が作動し器内圧力が 0.4 kg/cm^2 以下に低下しないようになってくる）。その過渡状態においてはタンク内の水温は負荷低下前の圧力に相当する飽和温度で、その圧力は負荷にしたがつて急減しているもので、給水ポンプ押込圧力に余裕が少ない時はポンプ焼損の危険がある。これを防止するため常時は脱気室により復水が直接給水ポンプ吸込管に流下し、復水と給水の不平衡分のみタンク保有水量から補給または保有水量の増加になるような、いわゆる「アンチフラッシュバップル」を設けてある。

[V] 給水加熱器

給水加熱器は合計4個設けられており、脱気器前の復水ポンプ系の低圧給水加熱器が2個、給水ポンプ～ボイラ間の高圧給水加熱器が2個よりなる。これら4個の中低圧加熱器1個は前述のように復水器胴体上部に横型に溶接で取付られ、残りの3個は縦型ヘッドダウンで一階基礎上に据付けられるように設計されている。

最近の火力プラントの趨勢としてこれら給水加熱器は幾何級数的に大容量となり、また給水、加熱蒸気ともに高温高圧化をたどつてくる。したがつたこれらの条件を満たし確実な運転を遂げるために特に水室構造、加熱管の設計などに斬新適切な考慮が払われている。



第5図 低圧給水加熱器

第3表 給水加熱器主要目

		単 位	低圧第1	低圧第2	高圧第1	高圧第2
加熱面積		m ²	120	120	220	255
給水温度	入口	°C	35.9	79.2	150.2	194.0
	出口	°C	78.4	107.0	194.0	232.4
最高給水圧力		kg/cm ² g	17.5	17.5	151.3	151.3
加熱蒸気圧力	圧力	kg/cm ² abs	0.6	1.63	14.9	29.7
	温度	°C	87	114	454	376

これら加熱器の設計要目は第3表に示すとおりであるが、設計上の特長と考えられる主なる事項は次の諸点である。

(1) 低圧第1加熱器の配置

この配置型式を採用することにより

- (a) この加熱器の設置床面積を完全に節約できた。
- (b) この加熱器の加熱蒸気管は全然外部に出すことなく低圧ケーシングより排気口内を直下せしめ加熱器と接続することとなり、配管重量と配置場所を節約できた。

- (c) 加熱器および抽気管の保温が不用である。

なおこの加熱器を分解点検の場合には、加熱器胴体を残し、水室および加熱管側を外部へ引出すよう設計されている。第5図にこの加熱器の外観を示す。

(2) 縦型ヘッドダウン型式

加熱器の型式はこのほか、横型、縦型ヘッドアップがあり、いずれを採用するかは配置上の要請により決められることが多いが、ほかの型式に比べその特長を述べると

- (a) 横型に比べ据付面積が少なく、また分解時所要面積が少ない。
- (b) ヘッドアップ型に比べ分解にあたって比較的軽い胴体のみ引き上げればよい。
- (c) ヘッドアップ型に比べ停止時

疏水の排除が完全であり加熱管内に給水が残ることがない。

- (d) ほかの両型式に比べ、ドレンクーラの構造が簡単で無理がない。

本プラントにおいては前述のように一階基礎上に設置され、しかも小径長尺なので、その胴体頂部を水平方向に対して拘束するような振れ止を設けて

ある。

(3) 加熱管

本給水加熱器の水側はすべて2折流とし、加熱管はすべてU字管を使用した。これは長尺の引抜管の製作が可能になった最近の製管技術の進歩に負うところが大きい。この方式の採用により、水室は片側一個のみでよくなり、したがって管と胴体間、および各加熱管群相互の間の熱膨脹差の問題は完全に解消し、加熱器を小径にすることができたので胴体や水室およびフランジ部の肉厚も薄くなり、したがって各部の熱応力も軽減することができた。

すなわち最近の大容量プラントの給水加熱器はこのU字型加熱管の採用により初めてその製作が可能といつても過言ではないであろう。

なお加熱管の材質は、低圧給水加熱器はアルブラック、高圧給水加熱器は7:3 キュプロニッケルである。

(4) 高圧給水加熱器の水室の構造

本高圧給水加熱器の水室はその最高使用圧力が150 kg/cm²をこし、水室の左右における温度差は40°C以上



第6図 高圧給水加熱器

であり、またその直径は1,000 mm以上である。かつ運転条件により温度は一定ではあり得ない。かかるきびしい条件下において完全に水密を保つため、水圧荷重を受持つ部と水密を保つためのパッキン荷重を受持つ部分と完全に分離したいわゆる「砲尾式構造」を採用した。この方式は水室と水室カバーがおのおの不均一な熱変形を起しても、パッキン部は可撓性が大なるためなら問題なく水密を保つことができ、かつパッキン部分の寸法を一般の形式に比べはるかに小形に作ることができる。また必要に応じ水室の分解点検もはなはだ容易である。

(5) 高圧加熱器デスパーヒータ部

加熱蒸気の過熱度を有効に利用するため高圧加熱器はすべてデスパーヒータ部を有しているが、胴体蒸気入口部よりこの部分全体を完全に胴体や水室など耐圧構成部分より隔離するよう、完全な覆を設けてある。しかもこの部分の覆は特に高温になるので胴体の一箇所とのみ固定し、その固定部を基点として自由に膨張しうる構造となつている。

この高圧加熱器の外観を第6図に示す。

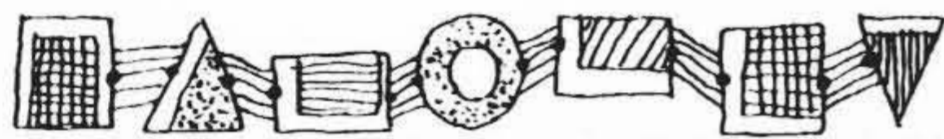
(6) その他

給水加熱器全般について、給水出入口、加熱蒸気入口その他各種接続用ツールは可能な限り熔接接手を採用し、運転中における接手漏洩の事故の皆無を期している。また加熱器疏水の制御やベントの処理は加熱器の運転上重要問題であるが、これらについては別の機会に詳述することとする。

[VI] 結 言

以上新東京発電所用復水および給水加熱用設備を中心とし最近の大容量火力発電プラント用各種機器の傾向を述べた。

本プラントの完成はわれわれ火力発電設備の製作に携わる者にとって、一時期を画するものであり、これの運転による成果と、その後得られた新技術により、さらにすぐれた設備の製作を念願するものである。



新案の紹介



実用新案第449447号

谷崎義一

蓄 電 器

図において1は容槽、2, 3, 4は△接続された蓄電器素子、5, 6, 7は二重ブッシング、A, aおよびB, bおよびC, cは各素子の金属箔両端より引出した引出線のブッシング上における端子を示すものである。

本案は図面に示すように蓄電器素子の金属箔両端よりそれぞれ引出線を引出し、これらの引出線を二重ブッシングを通して外部に引出したことを特長とするもので、この構造によれば蓄電器素子を容槽内に組立て密封した後、素子の真空乾燥を行うに当り、同一ブッシングを通して外部に引出した端子、たとえばA, aを乾燥用電源に接続して、真空乾燥の最終過程まで金属箔に通電して電流乾燥を併用することができ、乾燥作業を容易かつ迅速に行い得るの効果がある。

なお本案蓄電器の運転の際は、端子A, B, Cを送電線に接続するのであるが、A, aおよびB, bおよびC, cをそれぞれ一括して接続してもさしつかえがないものである。
(滑川)

