

# 最近の火力発電所ボイラ・タービンの傾向

守田 紀\* 綿森 力\*\*

## The Trend of the Latest Boiler and Turbine for Power Generation

By Osamu Morita and Tsutomu Watamori  
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

The writers relate first of the tendency and problems standing out in the sphere of the postwar Japan's manufacturing technique of high temperature high pressure large capacity boilers and turbines for thermal plant use, which has been showing remarkable innovation through the effort by the industry to fill the blank period in the technical advancement left by the late war. The problems concern principally the materials, construction, and performance of those machines.

Also, the writers have taken up several future problems which should emerge with the coming adoption of the reheating cycle, mentioning at the same time a most rational designing for machine arrangement in a modern thermal power plant.

In the end, they have given out a trial standard to be preferred in this country in determining the specification for the turbine, suggesting thereby a direction to be followed by the manufacturers of thermal plant equipment.

### 〔I〕 緒 言

我国に於ける火力発電所の多くは戦時中の無理運転がたゞつて甚しく老朽化し、その発電能力も一時は半分以下に低下するという有様であつたが、最近漸く旧来の面目に復し更に米国の海外技術顧問団 (O.C.I.) の技術的な援助検討等に刺戟されて設備の改善増強が計られ発電能力も一段と増大したが、最近の国内の産業復興に伴う急激な電力需要の増加を満たすにはまだ程遠く、水力発電の能力及び事情を考慮に入れても尚且つ急速に大規模な火力発電所が必要となり相次いで新設又は増設が計画されるに至つた。

これ等新增設される火力発電所はいづれも欧米先進国の技術を導入し、信頼度の高い点に重点をおき年間の運転時間を増加し開放休転間の期間を延し、又運転費、建設費の高騰の結果発電所の熱経済の向上を計り有利なる熱力学的サイクルの採用となり、更に発電所の運転状況に適し系統の電力原価を低減するため箇々の系統の拡大

及び系統間の連絡を計つて大容量機の適用となつた。このため国内の機械製造メーカーは相次いで欧米各国の第一流メーカーと技術提携を行い最良の材料と優秀なる設計、製作技術を修得し一部主要部分に対してはこれを輸入する等の事迄考えられ、一方運転する発電所側にも技術者を海外に渡航せしめる等して運転技術の修得にひたむきの努力が払われ、在来著しく立遅れていた我国の火力発電の技術的レベルが急速に向上しつつあることは誠に喜ばしき限りである。

### 〔II〕 高温高压蒸気の使用と最近の火力発電所の傾向

#### (1) 高温高压蒸気の利用

一般に使用蒸気の圧力、温度及び真空度を変化せしめると、火力発電所の熱サイクルの効率に大きな影響を及ぼす。

#### (A) 気 圧

気圧の上昇によつて発電所熱サイクルの効率は著しく増進するが又同時に排気の湿度が甚しく増加する。

\* \*\* 日立製作所日立工場



この湿度の増加はタービンの内部効率を低下せしめ、更に低圧部の翼の腐蝕を促進する。従つて気温を上昇せずして気圧を上昇せしめることは理論上利益はあつても事実上の利益は少い。

### (B) 気温

気温上昇に依り熱サイクルの効率向上は気圧の上昇の時の如く決して著しいものではない。然しこれにより排気中の湿分が少くなりタービンの内部効率は向上し、翼の腐蝕もなくなり事実上著しい利益を与える。

### (C) 真空度

気圧、気温を一定にして復水器の真空度を下げて行くと熱サイクルの効率は次第に向上する。然しこの真空度は復水器冷却水の水量、温度等の立地条件により左右せられる場合が多い。

以上の如く復水タービンでは一般に気圧、気温共に適合した値に相互牽制しつゝお互に上昇した。これは最終段落の翼の腐蝕防止のため排気湿度を13~14%に制限するためである。この排気湿度の制限は理論的なものでなく多年の経験より設定されたもので、現在では有効な水分除去装置、翼縁浸蝕保護板、翼の形状の改良等により余り重要な意義は持たなくなつたが、湿り損失の点より矢張り重要である。

我国に戦前設置せられた高効率の発電所としては、タービン入口で  $40 \text{ kg/cm}^2$   $435^\circ\text{C}$ 、ボイラ胴に於て  $45 \text{ kg/cm}^2$ 、過熱器出口に於て  $450^\circ\text{C}$  程度のものが多く、従つて発電所熱効率も負荷の変動等の影響もあつて総合効率25%を超えたものは極く稀であつたが、最近新設されつゝある大容量発電所は殆どタービン入口に於て  $60 \text{ kg/cm}^2$   $485^\circ\text{C}$  の蒸気を使用して熱効率の向上を計つており、更に一段と高温高圧の蒸気即ちタービン入口に於て  $88 \text{ kg/cm}^2$   $510^\circ\text{C}$  ( $1,250 \text{ lbs/in}^2$   $950^\circ\text{F}$ ) 或は  $102 \text{ kg/cm}^2$   $537^\circ\text{C}$  ( $1,450 \text{ lbs/in}^2$   $1,000^\circ\text{F}$ ) の蒸気を使用して一段と熱効率の向上を計るため中部電力株式会社に於ては三重火力、関西電力株式会社に於ては多奈川火力、九州電力株式会社に於ては苅田火力とそれぞれ米国一流メーカーより機器設備一式の輸入プラントの計画に着手しその成果が大きく期待せられているが、最近になつてこの  $88 \text{ kg/cm}^2$   $510^\circ\text{C}$  の蒸気状態の機器でも十分注意して製作すれば日本国内のメーカーでも必ず製作出来るという東京電力株式会社幹部の英断により同社第二鶴見火力発電所用として1機1罐のユニット方式よりなる下記機器が日立製作所に発注された。

### ボイラ

蒸発量.....  $280,000 \text{ kg/hr}$   
 蒸気圧力(汽胴に於て).....  $98 \text{ kg/cm}^2\text{g}$   
 蒸気温度(過熱器出口に於て).....  $513^\circ\text{C}$

### タービン

蒸気圧力(タービン入口に於て)  $88.2 \text{ kg/cm}^2\text{g}$   
 蒸気温度(タービン入口に於て).....  $510^\circ\text{C}$   
 タービン最大連続出力.....  $66,000 \text{ kW}$   
 回転数.....  $3,000 \text{ r.p.m.}$

### 発電機

発電機定格出力.....  $70,588 \text{ kVA}$   
 力率.....  $0.85$   
 端子電圧.....  $13,200 \text{ V}$   
 冷却方式.....水素冷却方式圧力  $0.5 \text{ psig}$

(但し水素圧  $15 \text{ psig}$  の時発電機最大出力  $81,500 \text{ kVA}$ )

日立製作所は先にボイラに於ては英国のバブコック・エンド・ウイルコックス会社と又タービン発電機に於ては米国のインターナショナル・ゼネラル・エレクトリック会社とそれぞれ技術提携に成功し、これ等世界第一位の製作経験ある会社の技術指導を得て、鋭意設計製作中である。この火力発電所が完成すれば我国の大容量機としての最高圧力温度の蒸気を使用し33%という最高熱効率の発電所が完成する訳で大いなる期待がかけられている。然し近い将来に於ては更に一段と熱効率の向上を目指して  $106 \text{ kg/cm}^2$ ,  $538^\circ\text{C}$  ( $1,450 \text{ lbs/m}^2$ ,  $1,000^\circ\text{F}$ ) という蒸気状態に上昇するものと確信する。

### (2) 1機1罐よりなるユニットシステム

我国に於てもタービン1機に対してボイラ1罐を採用するユニットシステム、即ち単位式発電所が次第に多くなつて来た。これに就いては次のような諸項目が検討せられた結果と考えられる。

1. 汽罐の連続使用に対する信頼度が高められた結果蒸気発生装置の利用率が非常に高くなつた。
2. 高温高圧蒸気の採用により運転維持費の節約が計られたこと。
3. 大容量汽罐の製作が可能となつたこと。
4. 系統負荷と発電所負荷の関係を考えても有利である。
5. 自動燃焼制御、中央制御方式による遠方操作等の採用により、ワンマン・コントロール迄期待出来るようになり人件費が節約される。

以上の如くユニットシステムの採用により簡単化された装置と信頼度の高い操作により確実なる運転が期待出来るようになった。

第1表は米国の標準型復水タービンの蒸気状態を基として我国の国情に適合すると思われる中間的容量を追加して決めた一つの規準案である。

### (3) 再熱サイクルの適用

温度が余り高くない時はボイラ・タービンの機械的強



最近の火力発電所ボイラ・タービンの傾向

第1表 大容量復水タービン標準(案)  
Table 1. Corrected Table for Preferred Standards for Large Condensing Steam Turbine-Generators

蒸気タービン定格出力 (kW)	20,000	30,000	40,000	50,000	60,000	75,000	90,000	100,000						
蒸気タービン最大連続出力 (kW)	22,000	33,000	44,000	55,000	66,000	82,500	99,000	110,000						
発電機定格出力 (kVA)	23,529	35,294	47,058	58,824	70,588	88,588	102,882	117,647						
力率	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85						
短絡比	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80						
冷却方式	水素冷却方式 0.5 psig (但し 15 psig にても運転可能)													
タービン入口蒸気圧力 (kg/cm <sup>2</sup> g)	60	60	60	88	60	88	60	88	88	102	88	102	88	102
タービン入口蒸気圧力 (psig)	850	850	850	1,250	850	1,250	850	1,250	1,250	1,450	1,250	1,450	1,250	1,450
タービン入口蒸気温度 (°C)	482	482	482	510	482	510	482	510	510	537	510	537	510	537
タービン入口蒸気温度 (°F)	900	900	900	950	900	950	900	950	950	1,000	950	1,000	950	1,000
再熱温度 (°C)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	537	—	537	—	537
再熱温度 (°F)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,000	—	1,000	—	1,000
抽気段数	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
復水器真空 (mm/Hg)	722	722	722	722	722	722	722	722	722	722	722	722	722	722
抽気時蒸気消費量 (kg/kWh)	3.98	3.97	3.96	3.73	3.955	3.72	3.95	3.71	3.705	3.00	3.70	2.99	3.70	2.98
抽気時蒸気消費量 (概算) (lbs/kWh)	8.76	8.74	8.72	8.22	8.705	8.19	8.70	8.17	8.16	6.60	8.15	6.58	8.15	6.57
ボイラ蒸気量 (単位式の場合) (kg/hr)	100,000	150,000	200,000	185,000	250,000	235,000	300,000	280,000	350,000	280,000	340,000	410,000	460,000	375,000
ボイラ蒸気量 (単位式の場合) (lbs/hr)	220,000	330,000	440,000	408,000	550,000	540,000	660,000	616,000	770,000	616,000	900,000	750,000	1,010,000	825,000

度を増して高い気圧に耐えさすことは比較的容易であるが、高温の蒸気を使用する場合にはボイラ過熱器管、高温バルブタービン高温高圧部等はその使用材料の高温に於ける匍匐強度の制限を受け、只肉厚を大にしたのみでは耐えられなくなる。特に発電所内の耐圧設備中最高温度に曝される過熱器管は常にその国で得られる材料の許容最高限に達しており、蒸気温度に対する制限のために気圧を上げ得られぬ結果となつたので、高温材料に対する冶金学的研究は各国の火力発電所に於ける最高熱効率を決定することゝさえ考えられるに至り、従来設備が複雑で運転に困難があると考えられていた再熱サイクルの採用が真剣に検討せられるようになって来た。再熱の方法として最も一般的な方法は、タービン内膨張の途中で未だ湿り状態とならない蒸気をその圧力の儘でタービン外に引出し、もとのボイラに依つて再び蒸気の初温近くまで過熱させてタービンに返し更に膨張せしめる方

法で、この場合最終段の湿度を著しく減少せしめることが出来ると同時に熱サイクル効率の上昇は非再熱の場合に蒸気の初温を約 80~100°C 上昇させた時に得られたものに匹敵する。故に今初温を 510°C で再熱 510°C にした発電所では初温を約 600°C とした非再熱式熱サイクルの効率に略々匹敵することゝなる。

然るに最近の機器の大容量化と 1 機 1 罐よりなる単位方式採用の傾向は、従来再熱サイクルの設備上複雑と考えられる点を単純化し、更に米国に於ける再熱サイクル採用の運転実績は中間阻止弁 (Intercept Valve) や、起動時に於ける低圧タービンに対する「水ゼット吹付」等を自動的に行うことにより一般のサイクルと何等運転上の差異を認めず、同一材料の使用に於て劃期的熱効率の向上を計り得る点より、近い将来に我国に於ても大容量の高温高圧のベースロードの発電所に於てどんどん実施せられるものと考えられる。その先駆として前述の多奈



案	A	B	C		
建 家 内	電気室(E)	275 M <sup>2</sup>	363	462	ボイラー は半屋 外型とす
	タービン室 (T-G)	684	594	594	
	補機室(A)	266	297	432	
	制御室(R)	タービン室へ	A室へ	A室へ	
	ポンプ室(V)	250	330	330	
ボイラー室	500	660	660		
合計	1975 M <sup>2</sup>	2244	2678		
建 家 外	ボイラー室用 変圧器類	625	805	805	
	屋外別 合計	625	805	805	
合計	2600 M <sup>2</sup>	3049	3583		
クレスシ 良否順位	横なら 38M 縦なら 18M				

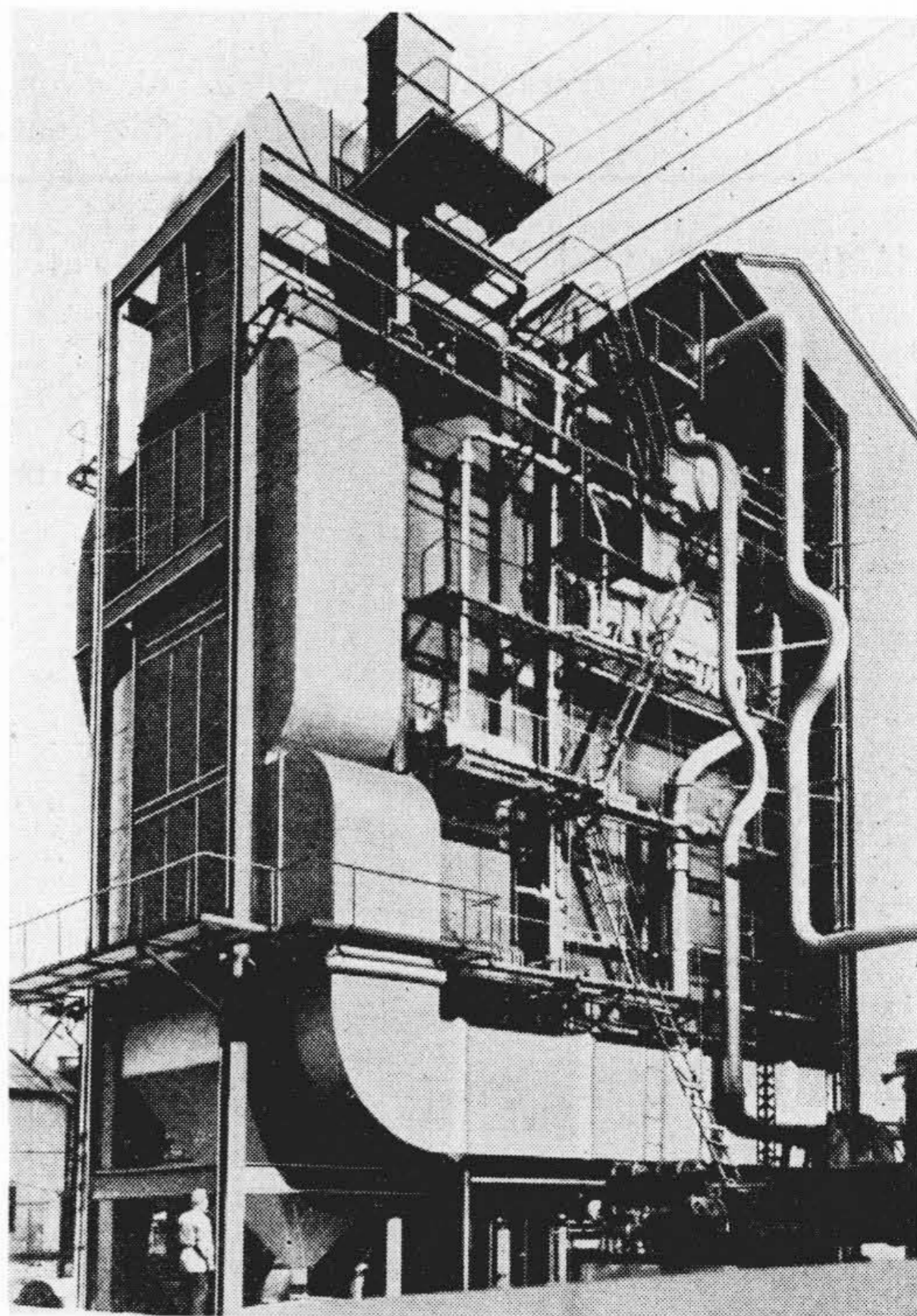
第1図 火力発電所内諸機械配置

Fig. 1. General Arrangement of Machines in Steam Power Plant

川、荊田両発電所に 75,000 kW の再熱式プラントが米国より輸入せられることは今後の火力設備の発達に大なる貢献するものと期待されている。

### 〔III〕 火力発電所機器配置に就て

最近のボイラー室の設備は全く機械化され燃料は屋外より自動的にコンベヤ、微粉炭装置等を経てボイラーに供給され、又ボイラーより出る灰分も水洗式又は真空式の処理法によりボイラー室外に持去られるためボイラー室中に殆ど粉塵を発見しないようになり 1 機 1 罐の単位式発電所の採用と共にボイラー室とタービン室との間の隔壁は無用となり、諸機械の配置は著しく簡素化され能率的となつた。その配置を大別すると第1図の如くであるが、実際発電所を建設するにあつては、燃料及び灰の処理方法、冷却水の取出し及び取入れの方向、地形方角等十分検討した上で、最もその地に適合した配置を決定すべきである。気圧気温の上昇と共に最高度の熱効率を上げ且つ安全確実な運転をするため自動燃焼制御装置並びに完全なる計器を備えた遠方監視制御が発達し、更に全装置を中央で統制する中央制御方式が多く採用せられるようになりつゝある。この中央制御室中には約 200~300 箇の計器類が一箇所に纏めてあり、この室は多くの場合ボイラー室とタービン室の真中に設備せられ、全ガラス張りの空気温度調節された騒音防止装置附の明るい部屋で、労働条件を出来るだけ良くして 1 人の運転員によつてボイラー・タービンの統括運転を目的とし、運転員も優秀な技師によ

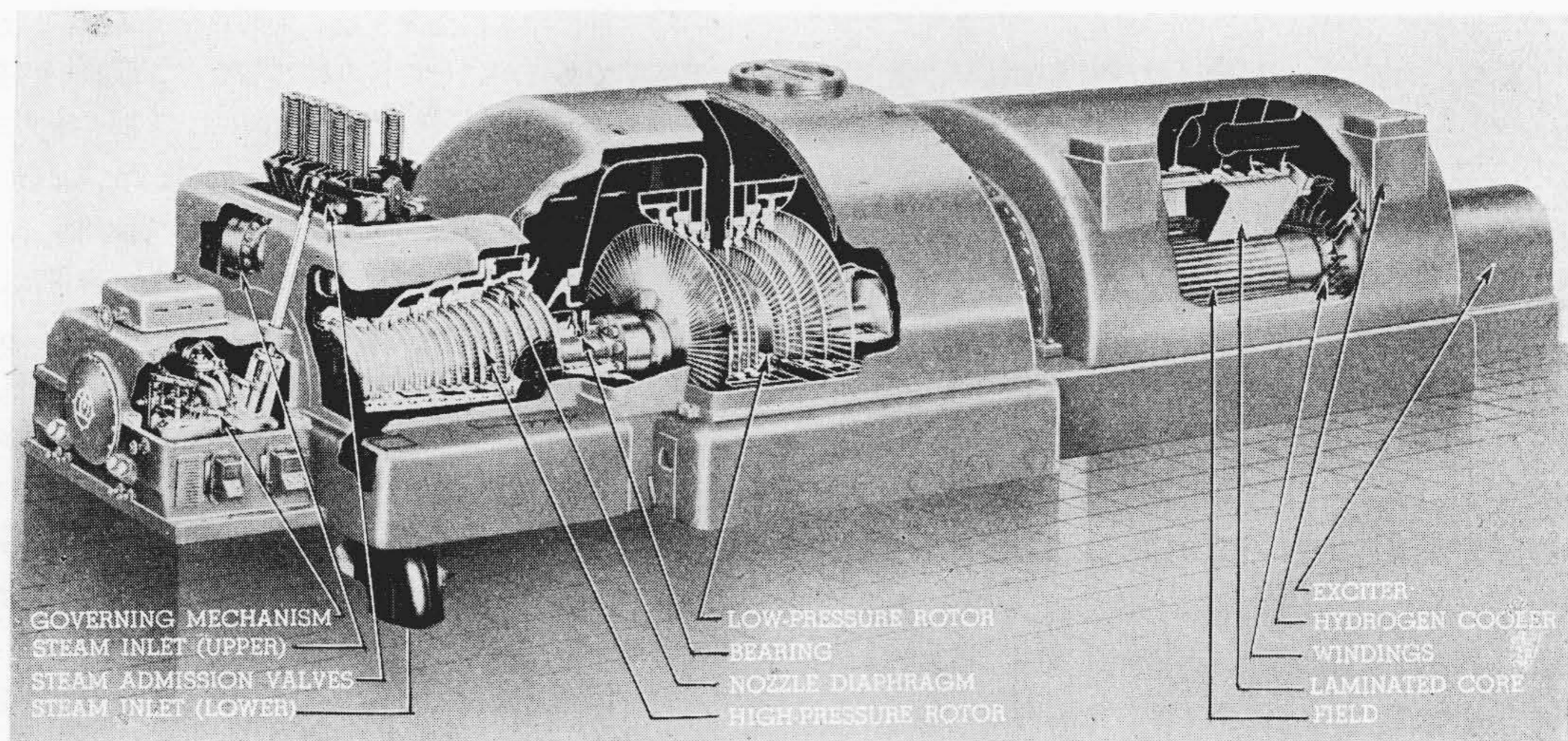


第2図 日立製作所内に設置された半屋外式試験用ボイラー (40 atg, 450°C, 25 t/hr 高压ボイラーにして我国最初の試である重油専焼)

Fig. 2. Test Boiler of Semi-Outdoor Type, Installed in Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

り十分指導された学識と素養のある人を当てるようになりつゝある。我国に於ては発電能力 1,000 kW につき 3~4 人の運転員を必要としているのが現状であるが、高い能率的機器と相俟つて米国なみの 1,000 kW 当り 1~0.5 人で大発電所が運転出来るように運転員を再教育し、発電所の職制組織まで簡素化せんとする傾向となつている一方発電所全体を能率的な簡単な配置とすると同時に従来の各機械機器をすべて屋内に入れていた屋内式配置に対し最近では半屋外式又は完全な屋外式も考慮され、又従来必要とされていた極端に大きなコールバンカーは著しくその容量を小さくして設備費の節減と採光をとる計画が考えられるようになった。又日本の気候はたとえ冬でも特定の地方を除き火力発電所のボイラー室に暖房を施す必要なく、且つ石炭は悪く灰分が多いので却つて屋外式の方が灰塵の堆積等なく清潔で良く、雨量に対しても何等心配ないとの意見も出初め、既に日立製作所日立工場に試験用高压ボイラーとして約 1 年以前より半屋外式のボイラーが製作され何等事故なく運転を続けており (第2図参照)、更に一足飛びに完全屋外発電所がアメリカの G.E. 社と F.W. 社のタービン、ボイラーを輸入して中部電力株式会社に設置されようとしている。





第3図 最近の日立蒸気タービン発電機の外形図  
Fig. 3. General View of Recent Hitachi Large Capacity Steam Turbine-Generator

### (1) ボイラ室

最近のボイラは高温高压蒸気の利用と大容量になるにつれ大部分が最も信頼性の高い確実にして安全な自然循環式ボイラとなつたが蒸気圧力の増加に伴い罐内に発生した気泡の比重と罐水の比重の差が小さくなつたため、ボイラの気胴を高くして罐水循環に十分なる水頭差が与えられるようになつた。従つて炉底から汽胴迄の高さも30 m 以上になり旧式ボイラでやつていたように発電所の基礎床面より次第に積み上げるようなボイラ組立方法では到底安定した構造にすることは出来なくなつて来たため、頑強な鉄骨の支柱をボイラの四囲に立てこの四本の支柱に取付けられた主梁より気胴は勿論炉水壁から耐火材、保温材に至る迄一切吊り下げられ、途中で地震その他に備えて振れ止めの梁が用意されるようになつた。従つて多くの場合先の四本柱は発電所自身の建物用の柱として利用され梯子等も一切共用されるため建物とボイラ間の構造を簡略化し、運転に必要な見透しの良い構造となつている。

### (2) タービン室

極度に信頼度を高められた最近のタービンは、最良の材料と高度の設計技術とを以て製作され、これを運転すべき神経系統としての最新式の計器安全装置、信号装置、並びに自動制御装置の発達により、タービン自身は殆ど美しく明い色に塗装されたラッキングプレートの中に包まれ、運転保守に必要と考えられる最少限度の操作、点検のみが可能となり、従つて外観は大変簡単な形となつた。(第3図参照)

更にタービンは振動、騒音なしに運転するよう努力が

払われ各機器は設計、製作に際し十分なスタビリゼーションテスト、バラシングテストが行われ、最近の二極式高速回転タービン発電機に於て振幅は1 ミル以下になるようになつた。このためにはタービン自身の設計に於ては、機械の中心高さを極力低いものとし、振動の原因となると考えられる撓み接手は全部止めて固定接手としたものが多く、軸承部の機械的強度も著しく頑強なものとなり据付に対しても又基礎の設計にも十分なる注意が払われ、復水器の容量を実際運転時に適合する抽気時の蒸気量にて決定し、更に再熱サイクルの採用等により極力小さくし、運転床高さを著しく低く計画されるようになりその固有振動数を高く取つて共鳴現象等の事故の発生せざるようにしている。

更にタービン補機類の構造及び配置等も面目を一新し、ボイラよりタービン迄の蒸気配管、弁類等は高温高压蒸気の使用により漏洩することを防止するため溶接技術の向上と現地検査方法の発達とによつて極力フランジレス式となつた。尚各部のヒータ類も配置操作を容易にせしめるため堅型のものが多く採用せられるようになり、その他復水器の空気抽出方法として従来使用しているスチームエゼクターを電動真空ポンプに置き替えられる事により熱消費の低減を計ると同時に従来の配置上の無理をなくする傾向にある等枚挙するに暇がない。また高温高压蒸気の使用に対しては完全なる給水処理を必要とするのであるが、この設備に対しては近時化学的装置が極度に進歩し、例えばイオン交換樹脂等の使用により純化学的に完全なる純水が得られるようになりつつある。その完成と共に従来の蒸化器等諸設備は不要となり



蒸化器に使用せられていた蒸気の節約によりタービンプラント効率を向上すると同時に補器室も面目を一新するであろうと考えられる。

#### 〔IV〕 我国の国情に適した火力発電機器

我国に於ける火力発電所には湯水補給用として又尖頭負荷用として使用せられるもの甚だ多く常用連続使用せられるものは極めて少い。従つて季節的にも、又時間的にもその運転状態に大きな掣肘を受けている。従つて実際運転上の熱消費量は起動停止の頻度、負荷率の変化の割合等により理論計算上のものと、相当相違し高温高压の蒸気を使用する発電所程その相違の割合が大となる。然るに一方我国の石炭は欧米のものに比較して著しく炭質悪く、更に恒久性なく、然も非常に高価であるため原則的には高温高压の蒸気使用の方向に進んで燃料消費量の軽減を計るべきである。

従つてボイラは必然的に大容量となり、製作期間長く建設費も割高となり、尖頭負荷等の目的には適さなくなる。以上の如く考えて見ると発電所の計画に当つては、先づその発電所の負荷状態、燃料価格及び消費量、建設費と金利、年間の利用率、運転維持費、機械の信頼度及び耐久度、保守取扱の難易等を十分に検討して最も経済的な気圧、気温、容量を決定せらるべきである。

我国の火力発電所の将来進むべき姿を純技術的見地より判断すると大略下記の如くなる。

(1) 負荷率の高い年間利用率の高い Base Load Station では 60 気圧、485°C 乃至 90 気圧 510°C の高压蒸気を使用、発電機は二極式の 3,000 又は 3,600 回転の水素冷却式を採用し、その地点の電力事情等を考慮に入れて 40,000~100,000 kW 級の容量を選定し 1 機 1 罐のユニットシステムを採用すべきだと考える。但しこの際負荷の変動は極力古い低圧低温の発電所により調整し新しく建設される発電所は極力 Base Load 用とすべきである。尙この場合容量が 6,600 kW を超え更に燃料価格の高価であるか又は負荷率の特に高い地方にあつては蒸気温度を蒸気圧力を 510~537°C 蒸気圧力を 88~102 kg/cm<sup>2</sup> に上げて、再熱サイクルを利用することが望ましい。然し出力が 40,000 kW 以下であつたりユニットシステムでない発電所に於ては再熱としない方がよい。

(2) 一般系統の発電所は負荷の変動上再熱サイクルは止め、更に実際運転上の熱消費量が起動停止、負荷の変動等により理論値より余り相違を及ぼさない蒸気圧力 40 kg/cm<sup>2</sup> 或いは場合によつては 60 kg/cm<sup>2</sup> 程度の蒸気を使用し、冷却水の温度が特に低いような地方にあつては却つて四極式の 1,500 又は 1,800 r.p.m. 機の方が有利な場合も少くない。

(3) 補給用小容量発電所、尖頭負荷発電所には比較的的低能率であるが、その代り建設費安く、取扱い容易な気圧 40~30 kg/cm<sup>2</sup> 級の蒸気を使用し、1 機 2 罐方式を採用した方が遙かに安全で経済的な場合が多い。但し蒸気を多量に他のプロセス・スチームとして使用する工場用の自家発電用背気タービン等に於てはその容量に応じて 60 kg/cm<sup>2</sup> 級の高压を使用すると有利な場合もある。

(4) 旧火力発電所の更生 比較的気圧気温の低い旧発電所等が老朽し取換える時機であるのに発電能力の増加が要求されるような時、トップタービンを採用するのが最適の方法である。即ちボイラ室を利用して高压ボイラを新設し、この蒸気でトップタービンを廻しこの排気で古い低圧タービンを廻す方式である。この場合トップタービンの容量は 10,000~3,000 kW 位の比較的小容量のものであり、1 機 1 罐方式となるのであるがこの場合はタービンの排気の温度は入口温度が一定ならば軽負荷になる程上昇し、従つて排気温度を一定するトップタービンではタービン入口温度は軽負荷になる程下つた方がよい。一方ボイラも低負荷で過熱温度が低下するから 1 機 1 罐のユニットシステムは誠に好都合である。これは特に化学品製造工場等に利用度が多いようである。

#### 〔V〕 結 言

最近の火力発電設備に於ては高温高压蒸気を使用した大容量のものが多くなり、タービンではその効率を最高度に発揮した小直径多段式のものとなり、発電機も二極式の水素冷却方式を採用せられ、ボイラに於ても炉の奥行、幅共に比較的小さく、その代り極端に背の高い火炉を持つた安全な輻射式ボイラとなつて来た。

然も各機器共に高い熱効率と共に最高の信頼度を要求せられており、高度の設計製作技術と、最良な材料の選定、運転員の技術向上、安全なる給水処理、最新式の信頼度の高い計器、信号装置並びに自動制御装置等の完備と共に各機器に就いて Supervisory Instruments と呼ばれる附属品が絶対必要となる。例えばタービンに就いていえば、速度計、軸の偏心計、軸方向の軸の位置を示すポジショナー、タービン軸とケーシングの相互伸の測定計等でこれ等の計器によりタービンの内部の変化まで外部より十分監視することが出来る訳である。

以上の如く高い熱効率と絶対の信頼度のある火力発電所を国内に多く設備して、相互の連絡を密にし、ベースロード用発電所はあくまでベースロードとしてその性能を遺憾なく発揮し、更に冶金研究による高温材料の進歩により更に高温高压のものにどんどん移行し、日本の火力設備のレベルを一日も早く少しでも欧米のそれに近づけたいと祈願している次第である。