

2. 火力発電用機器

THERMAL POWER PLANT EQUIPMENT

37年度は36年度に引き続き、75,000, 125,000, 156,000, 175,000 kW などの大容量高圧、高温の火力設備が続々と誕生した。

これらには、数多くの技術的進歩、発展が折り込まれているが、特に、東京電力株式会社横浜火力発電所納第1号および第3号かんは175,000kW用のもので、わが国にて実働にはいった最初の重油専焼ボイラであり、加圧燃焼方式を採用している。また、清水共同発電株式会社新清水火力発電所納75,000 kW 発電設備は1号機および2号機とも好調に運転中である。このプラントは、事業用火力に貫流ボイラを採用したわが国最初のものである。

中国電力株式会社水島火力発電所納第2号機は26インチブレードを採用した156,000 kW として最新の設計のものである。

製作中の大容量機のうち250,000 kW は関西電力株式会社堺港発電所納第1号機および東北電力株式会社新瀉火力発電所納第3号機であるが、両機とも、新しい設計のものである点が注目される。

ボイラは265,000 kW, 250,000 kW の出力のものはすべてUPボイラであり、東京電力株式会社五井火力発電所納第2号かん、関西電力株式会社姫路第二火力発電所納第2号かんのアメリカB&Wより輸入のUPボイラに引き続き、国産されるものである。

さらに九州電力株式会社新港火力発電所納第2号、156,000 kW 用ボイラは、サイクロンファーネスをもつベンソンボイラで、新しい技術を採用しており、成果は注目されるべきものである。

大容量発電機のうち、関西電力株式会社堺港発電所納第1号機は、固定子線輪は油冷却、回転子線輪はギャップピックアップ方式を採用したものである。

産業用火力機器のおもなものは、王子製紙株式会社春日井工場納16,500 kW 抽気背圧タービン発電機をはじめ、信越化学工業株式会社直江津工場納25,000 抽気復水タービン発電機、160 t/h 天然ガスならびに分解ガス焚ボイラがあり、ことにこのボイラの制御装置は日立電子式計器を採用した画期的なものである。

輸出用としては、インドサトブラ発電所納10,000 kW プラント、ネロール発電所納30,000 kW プラントをはじめ、インドハルドアガンヂ発電所30,000 kW プラント、アルゼンチン、バランクエラス発電所10,000 kW タービンなどが続々と船積みされている。一方、韓国サムチョク発電所納30,000 kW プラントをはじめ、シンガポール納60,000 kW タービン発電機などを鋭意製作中である。

2.1 ボイラ

2.1.1 高温、高圧化と容量の増大

火力発電所の発電原価低減のため、単位出力の巨大化とあわせて設備の高温、高圧化はますます顕著となってきた。

なおこれらの要求に応じて世間の脚光を浴びてきた貫流ボイラについては、上記のようにわが国事業用火力貫流ボイラの最初のものである清水共同発電株式会社新清水火力発電所納75,000 kW 2かん

第1表 最近納入または製作中の新鋭火力発電用大形ボイラ

納入先	発電所名	蒸発量 (t/h)	蒸気圧力 (atg)	主蒸気温度 再熱蒸気温度 (°C)	燃 燃 方 式	発電機出力 (MW)	ボイラ形式
東京電力	千葉#3*	590	174	571/543	微粉炭、重油、専焼および混焼	175	自然循環
東京電力	千葉#4	590	174	571/543	微粉炭、重油、専焼および混焼	175	自然循環
東北電力	仙台#1	590	174	571/543	微粉炭、重油、専焼および混焼	175	自然循環
東北電力	仙台#2	590	174	571/543	微粉炭、重油、専焼および混焼	175	自然循環
東京電力	品川#2	435	131	541/541	微粉炭、重油、専焼および混焼	125	自然循環
東京電力	川崎#2	590	174	571/543	微粉炭、重油、専焼および混焼	175	自然循環
中国電力	水島#1	435	131	541/541	微粉炭、重油、専焼および混焼	125	自然循環
東京電力	品川#3	435	131	541/541	微粉炭、重油、専焼および混焼	125	自然循環
東北電力	仙台#3	590	174	571/543	微粉炭、重油、専焼および混焼	175	自然循環
関西電力	尼崎第3#1	530	174	543/543	重油専焼(将来微粉炭)	156	自然循環
東京電力	横浜#1	590	174	571/543	重油専焼	175	自然循環
清水共同発電	新清水#1	260	131	541/541	重油専焼	75	ベンソン
清水共同発電	新清水#2	260	131	541/541	重油専焼	75	ベンソン
北海道電力	新江別#1	420	131	541/541	微粉炭専焼(重油助焼)	125	自然循環
東京電力	五井#2*	900	176	571/569	重油専焼	265	UP
関西電力	尼崎第3#2	530	174	543/543	重油専焼(将来微粉炭)	156	自然循環
東京電力	横浜#3	590	174	571/543	重油専焼	175	自然循環
中国電力	水島#2	520	173	569/541	重油専焼(将来微粉炭)	156	自然循環
東北電力	新瀉#2	435	131	541/541	天然ガス、重油専焼	125	自然循環
東京電力	川崎#4	590	174	571/543	微粉炭、重油、専焼および混焼	175	自然循環
北海道電力	新江別#3	420	131	541/541	微粉炭専焼(重油助焼)	125	自然循環
関西電力	姫路第2#2*	1,060	175	568/541	重油専焼(将来微粉炭)	325	UP
東北電力	新瀉#3	840	176	571/569	天然ガス、重油専焼	250	UP
東京電力	五井#4	900	176	571/569	重油専焼	265	UP
九州電力	新港#2	510	173	569/541	サイクロンファーネス燃焼	156	ベンソン

*印は主要部のみアメリカより輸入(日立で取まとめを行なっているもの)

第2表 サイクロンファーネスボイラ設置実績(国別35年度末現在)

国名	ボイラ数	サイクロンファーネス数	全蒸発量 (t/h)
アメリカ	89	311	34,641
ドイツ	77	145	13,129
イギリス	7	12	1,273
フランス	1	4	360
日本	2	4	195
カナダ	2	4	408
計	178	408	50,006

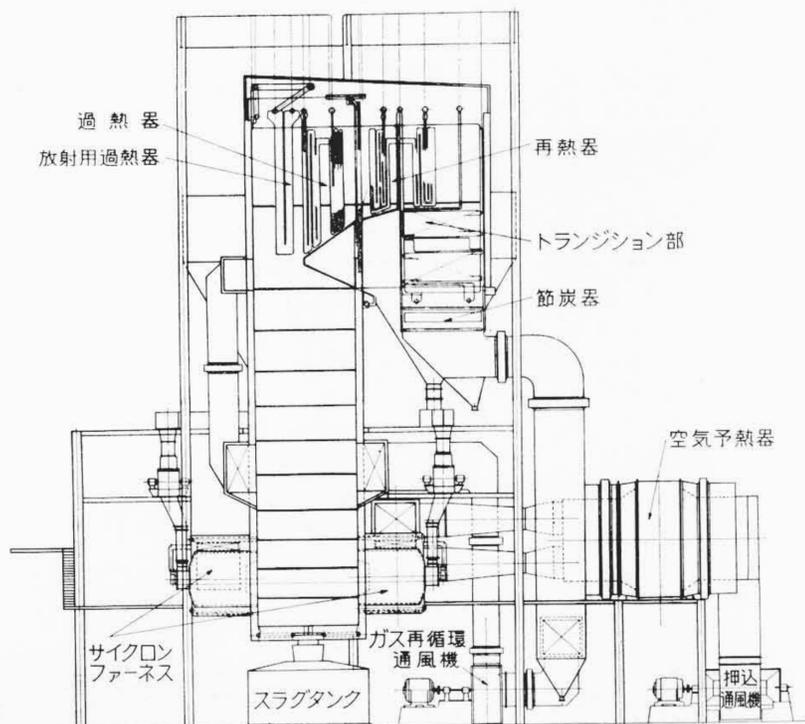
が好調に運転にはいった。

一方、UPボイラ製作に関しては各種の製作設備も完成し、すでにこれらは実動中である。

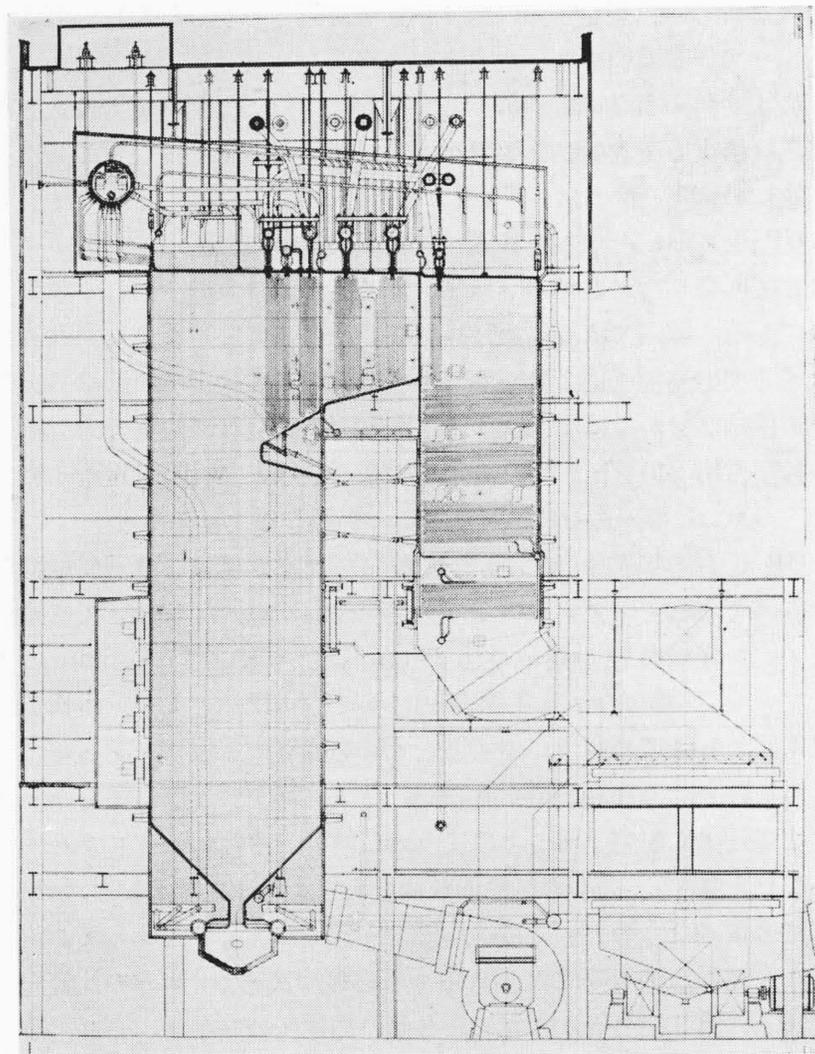
2.1.2 新港二期サイクロンファーネスベンソンボイラ

サイクロンファーネスボイラはアメリカにおいて発明され、戦後急速に発展した燃焼法である。第2表は国別設置実績であるが、アメリカとドイツで多く採用されていることがわかる。日立製作所においても早くから各方面に広く研究を行っており、すでに三井化学工業株式会社大浦発電所納95 t/h ボイラおよび国策パルプ工業株式会社旭川工場納100 t/h ボイラなどの運転実績があるが、今回事業用大形サイクロンファーネスボイラの国内第1号かんとして九州電力株式会社新港火力発電所向けのサイクロンファーネス付ベンソンボイラを受注した。本ボイラの仕様は下記のとおりである。

数	量	1かん
形	式	B & W ベンソンボイラ
蒸	発	量 510 t/h
蒸	気	圧 力 173 kg/cm ² g 於過熱器出口
蒸	気	温 度 569°C 於過熱器出口
燃	焼	方 式 直接式サイクロンファーネス燃焼(湿式)および重油燃焼(ボイラ最大連続蒸発量の30%)



第1図 九州電力株式会社新港火力発電所納
510 t/h サイクロンファーン付ベンソン
ボイラ概略図



第2図 東京電力株式会社横浜火力発電所納
590 t/h 重油専焼強圧通風ボイラ

負荷まで)
サイクロンバーナ個数 4
通風方式 強圧通風
本ボイラは上記のようにサイクロンバーナを備えたベンソンボイラであり、サイクロンバーナとベンソンボイラのすぐれた長所を同時に発揮するよう計画されている。すなわちサイクロンバーナは第1図に示すように火炉前後に各2個ずつ対向配置され、火炉内ガス温度の均一化を図り、火炉水壁はさきに清水共同発電株式会社に納入し好調な運転を行なっている260 t/h ベンソンボイラと同じくミアンダ形水壁である。このようなサイクロンファーン付ベンソンボイラの特長は

- (1) サイクロン式燃焼法によりサイクロンファーン内の熱負荷を高くとることが可能となり、ボイラを小形化した。
- (2) サイクロン式燃焼法により過剰空気が非常に少なくても完全燃焼するので効率が低い。
- (3) 使用燃料はサイクロンファーンボイラに最適の三池炭であり、1 mm 目通過55% ぐらいの大きさにクラッシャーで粉砕されてバーナへ送られる。微粉炭燃焼に比し相当大きな粒径であっても完全燃焼するので、粉砕に要する動力が少なく、また保守も容易である。
- (4) 石炭中の灰分のうち約80%が熔融スラグとして炉底より砂利状で取り出されるので飛散灰は非常に少なく灰摩耗はほとんどない。したがってガス流速を大きくとることができるし、伝熱面積を少なくすることができる。
- (5) 上記理由により灰処理が簡単となる。
- (6) ミアンダ形水壁は上昇流および水平流のみで下降流がないので流動安定性が高く、また均一な熱吸収を行なうように伝熱面を構成している。したがって運転制御が容易となる。
- (7) 過熱器バイパス装置を備えているので急速起動停止を行なうことができる。
- (8) ガス再循環ファンを設けて起動時ガステンパリングによる過熱器、再熱器の保護と常用運転時の再熱蒸気温度制御の双方に使用できる煙道系統を備えている。

2.1.3 重油専焼強圧通風ボイラの実績

最近各電力会社では大容量プラント用として重油専焼ボイラが数多く採用されている。日立製作所で受注している75 MW以上のボ

イラについて37年度、38年度に建設される13かんのうち8かんは重油専焼ボイラとして計画されている。

重油専焼ボイラにおいては重油中に含まれるイオウ分(3%程度)による低温部の腐食とバナジウム化合物(V_2O_5 , 100 ppm程度)による高温部腐食が問題となる。

(1) 低温部腐食防止

重油中のイオウ分は燃焼ガスに SO_3 を生成し空気予熱器などボイラ低温部の腐食、灰詰まりを誘発する。このため重油専焼ボイラではボイラ各部からの空気の漏れ込みによる SO_3 の生成を助長することを防ぎ露点を引き下げるために強圧通風方式とする。この方式は漏れ込み空気量が皆無のためボイラ効率は排ガス温度の等しい平衡通風ボイラに比べ約0.5%向上し誘引通風機の不要により補機動力の減少にも効果がある。さらに再生式空気予熱器には蒸気式空気予熱器を併設し再生式空気予熱器の低温部の金属温度を許容最低値以下に維持するよう自動的に調整するよう考慮されている。

(2) 高温部腐食防止

重油専焼ボイラにおいては重油中のバナジウム化合物が燃焼ガスの灰中に残り、二次過熱器スペーサ、サポートなどに付着してその部の金属温度が高い場合には侵食を起こす。

この対策として高温部分の金属表面温度をできるだけ低くする必要がある。そのため重油専焼ボイラにおける二次過熱器は放射形とせずコンベクション形を採用し管のピッチを狭くしてスペーサ類の構造も小形化する。また管壁温度を低くするために管の配列、蒸気流の均一化、蒸気流速などに特別の考慮が払われている。バナジウム化合物を含む灰は硬いモルタル状となって管やスペーサへ付着するが、これは水に溶けやすく水洗いによって完全に洗い落とすことができる。

火力発電用大形重油専焼ボイラとして初めて受注した東京電力株式会社横浜火力発電所納第1号かん175 MW用590 t/hボイラ

はこれらの構想を十分に盛り込んで計画され現在好調に運転を行なっている。引き続き東京電力株式会社同発電所納3号かん、清水共同火力発電所納第1号かん、第2号かん、関西電力株式会社尼崎第火力発電所納第1号かんも好調裏に運転にはいっている。

2.1.4 UP ボイラ

UPボイラはアメリカB & W社が大容量用に適する貫流ボイラとして開発したもので、ペンソボイラとその原理を同じくするものである。国内では現在据付け工事を行なっている東京電力株式会社五井火力発電所納2号かんおよび関西電力株式会社姫路第二火力発電所納2号かんに引き続き、東北電力株式会社新潟火力発電所納3号かん用840t/hおよび東京電力株式会社五井火力発電所4号かん用900t/hの国産UPボイラ2かんが製作途上にある。

UPボイラの構造上のおもな特長としては水壁および蒸気壁に採用されているメンブレン構造、火炉の対向バーナ配置などである。

メンブレン構造は細径(外径25mm程度)の管を厚さ約6mmのメンブレンバーを介して互いに堅固に溶接した構造であり、本構造の採用により管壁の剛性が増すとともに燃焼ガスを完全にシールできるなど数多くの利点が見られるが、特筆すべきことは細径管をオープンピッチに配列することにより、伝熱管内の流体のマスフローをかなり大きくし、火炉の伝熱面負荷を大きくとることができ、結果として容量当たりの火炉容積が一段と小さくなっていることである。

今一例として250MW用程度の自然循環式とUP式との比較をしてみると第3図のようになる。各個の発電所の諸条件により、数値にはかなりの幅があるが、建設費を大幅に低減できることは注目に値しよう。

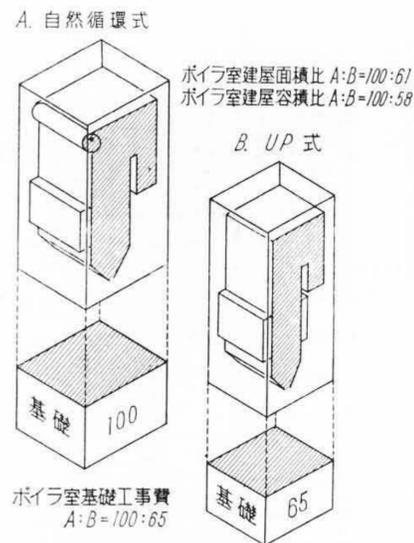
このメンブレン構造のウォールは、たとえば250MWのUPボイラでは78パネルに分割され、ウェブの溶接延べ長さは実に160kmに達する。

このメンブレンウォールの製作のため新設されたおもなる機器装置はチューブの自動ショットブラスト装置、チューブの自動ヘリアーク溶接装置、チューブ溶接部をX線透視検査するイメージインテンスファイヤ、メンブレンパネルを自動溶接するメンブレンウエルダ、パネルのゆがみ取りおよびパネルを所要の形状に曲げ加工するパネルベンダ、パネルの寸法を整え管端を正確にそろえるためのパネルカッタ、その他特にメンブレンウエルダはユニオンメルト溶接を巧みに利用してメンブレンパネルを正確に、かつ能率的に製作することを目的とする特色ある溶接装置で、同時に6個所の溶接が可能であり、定盤上にセットされたチューブとウェブは約10tの加圧力をもつガイドローラの走行によって案内され、1,500mm/minの速さで接合される機構となっている。第4図は工場に設置されたメンブレンウエルダの外観を示す。

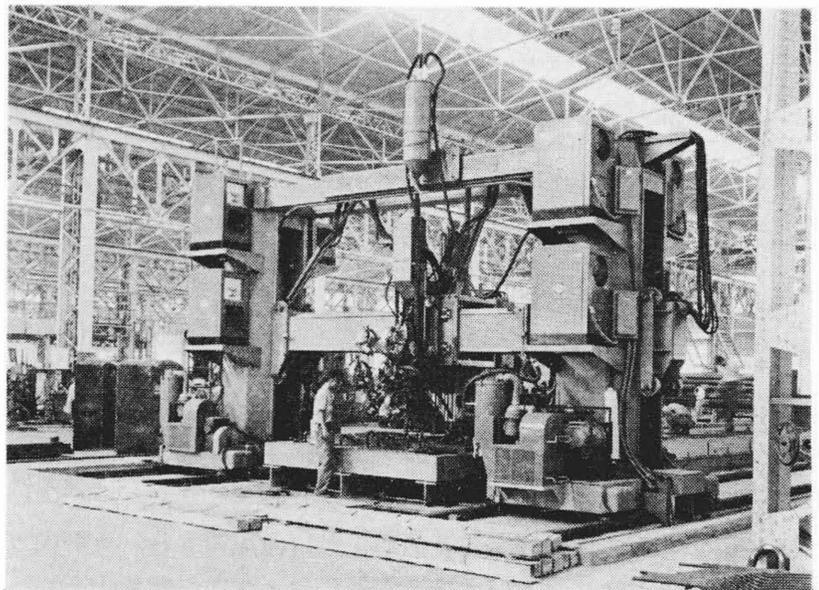
バーナを火炉の前面および後面に対向配置することは、炉内の熱吸収の均一化に有効で、特に1/3MCR程度の低負荷時にも十分に安全に運転を継続できる。

保守の面について言えばかん水の循環による濃縮が起らないので管内腐食事故を避けることができること、また起動用バイパス系統中の過熱器バイパス弁およびタービンバイパス弁が逃し弁としての役割をも果たすので、安全弁や過熱器の保守の面からも非常に有効である。

熱経済の面についてみれば循環式ボイラあるいは気水分離を行なう貫流ボイラのようなかん水ブローの必要がなく、またこのかん水ブローが通常ボイラ蒸発量の1%にも達することを考えあわせれば、UPボイラを採用することにより年間に節約できる熱量は約 2×10^{10} kcalにも達する。今重油の発熱量を10,000 kcal/kg、価格を7円/kgとすれば燃料費の上では約14,000千円の節約ができることになる。



第3図 自然循環ボイラとUPボイラの基礎工事費の比較



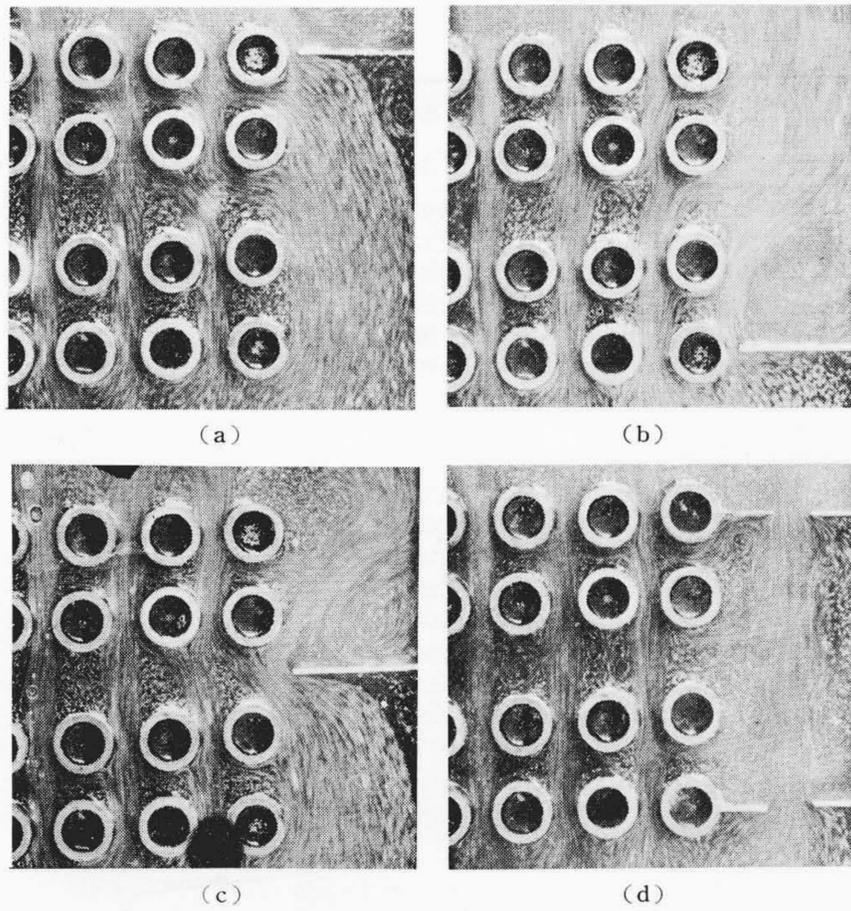
第4図 メンブレンウォール製作設備として特色あるメンブレンウエルダ

2.1.5 低品位炭燃焼ボイラ

最近の火力発電設備は発電原価の切り下げをめざして蒸気条件の向上と、大容量化による効率の向上および建設費の低減を図るとともに最も安価な燃料を使用する傾向にある。このため一方では重油専焼ボイラの採用が行なわれ、他方産炭地に近い発電所では低品位炭の使用が各発電所で行なわれている現状である。

低品位炭燃焼で問題となるおもな点は燃焼の安定性と灰摩耗の問題である。微粉炭燃焼では安定した燃焼を得るためバーナに種々改良を行なった結果、B & W サーキュラバーナによりすぐれた燃焼を行なうことができるようになってきている。しかし燃料中の灰分増加のため特に灰の溶融温度の低い石炭ではバーナまわりの高温部に溶融スラグが固着してできるバードネストによるトラブルが多い。また低温部の飛散灰による灰摩耗も多く起こっている問題である。

低温部の灰摩耗を避けるため、低品位炭燃焼ボイラでは平均ガス流速を低く設計することが考えられる。しかしガス速度を低くすることはボイラ伝熱面を大きくしなければならないので、ボイラの小形軽量化という点にある程度犠牲にしなければならない。日立製作所では早くからボイラ内のガス流動状態をモデル試験などにより研究した結果、局部的流速の増大により摩耗が発生することがわかったので、ボイラ内ガス流速の均一化を図るため伝熱面配置やバップルプレートの形状取り付け法を改良して良好な結果を得ることができた。第5図はこれらの研究結果の一つでありDのバップルプレート間げき δ を適当な値にとるとガス流動状態は整然となり、局部流速の増大を避けるとともに伝熱面への微粒子の衝突を少なくすることができる。この結果平均ガス流速を高くとっても局部流速は高くないのでボイラを小形化できる。



第5図 伝熱面ガス流動状況

一方日立製作所でスラグタップ方式にかわる新しい湿式燃焼法としてサイクロンファーンを研究した結果、低品位炭燃焼ボイラに対して有効な燃焼法であることがわかった。

2.1.6 大形ボールミル

大形ボールミルにはE形ミル粉砕輪レース面径を小さくしてボール径を大きくし減速装置を設けたEM形と7E, 8.5E, 10E, 12Eミルのように駆動部まで完全に改良したミルとがある。国内における実績はまだないが、たとえば37年度よりのイギリス Breahed 火力発電所におけるEM形2年間の使用結果ではミル出力が同サイズのE形ミルに比べて約25%増し粉砕部寿命は著しく延長されたことが立証されている。

ボールは21インチ以上の中空ボールを使用しており、ボールに加える圧力はEM形では従来どおりスプリング方式によって行なわれるが7E, 8.5E, 10E, 12Eミルでは空圧式ローディングユニット方式が採用されている。空圧式においてはスプリング方式のように定期的な調整を必要とせず一定圧力のエアをシリンダ内に通しておけば常に一定圧力がボールに加わるようになっている。

給炭はドラッグリンクコールフィーダよりミル中心部に垂直に落下するので石炭閉塞の懸念は全然なく、加えて補充ボールの数が少なく駆動部に独立減速装置も採用しているので組立て、保守が非常に簡便になっている。

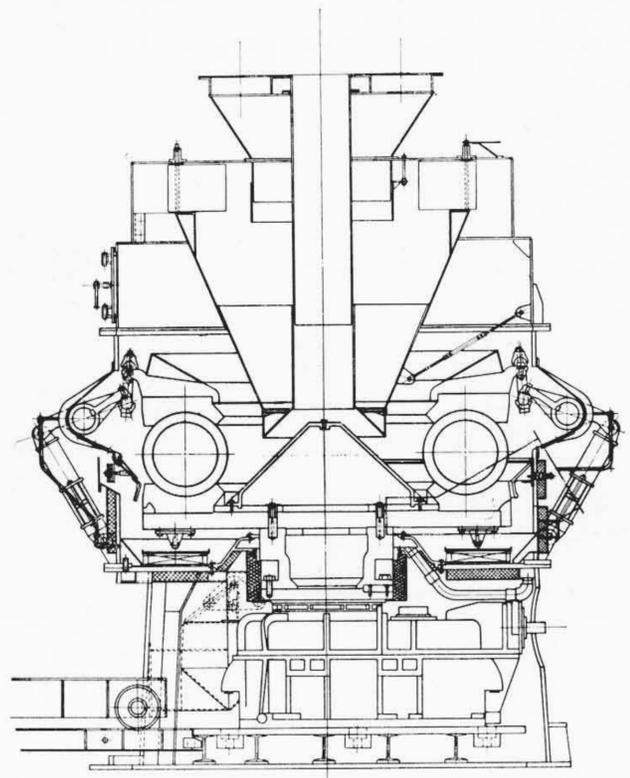
大形ボールミルの国産化を計画している日立製作所呉工場ではすでにEM-70ミルの設計製作を終え昭和37年6月工場内試運転も好調裏に終了したので引き続き8.5Eミルを設計中であるが、これら大形ボールミルの開発によってさらに一段の技術的飛躍が期待される。

2.1.7 輸出および産業用ボイラ

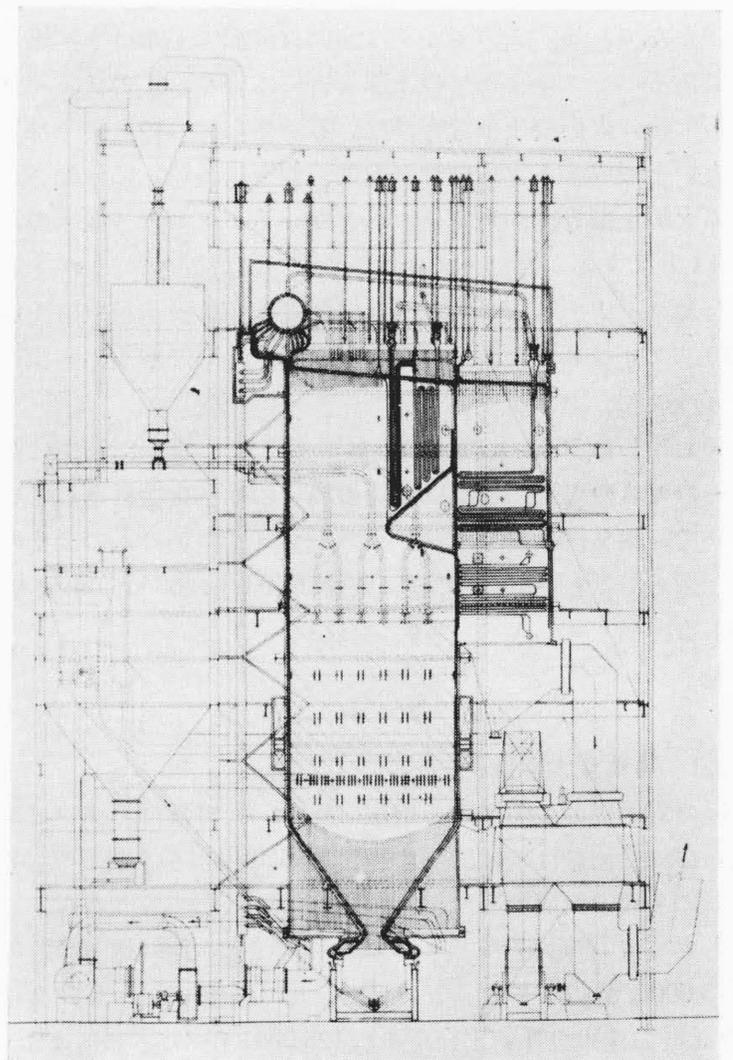
輸出および産業用ボイラで37年度に納入したもの、もしくは製作中のものは合計29基、総容量770t/hで、36年度に比してやや下回っている。このうちで輸出用ボイラとしては韓国電力局三陟発電所向け150t/hボイラ1基とマラヤ精糖株式会社向け22t/hボイラ3基がある。また国内の産業用ボイラのなかで日本ビール株式会社札幌工場納温水ボイラはコーナチューブボイラと称せられる。

(1) 韓国電力局三陟発電所向け150t/hボイラ

現在までの輸出ボイラとして最大の容量であると同時に無煙炭



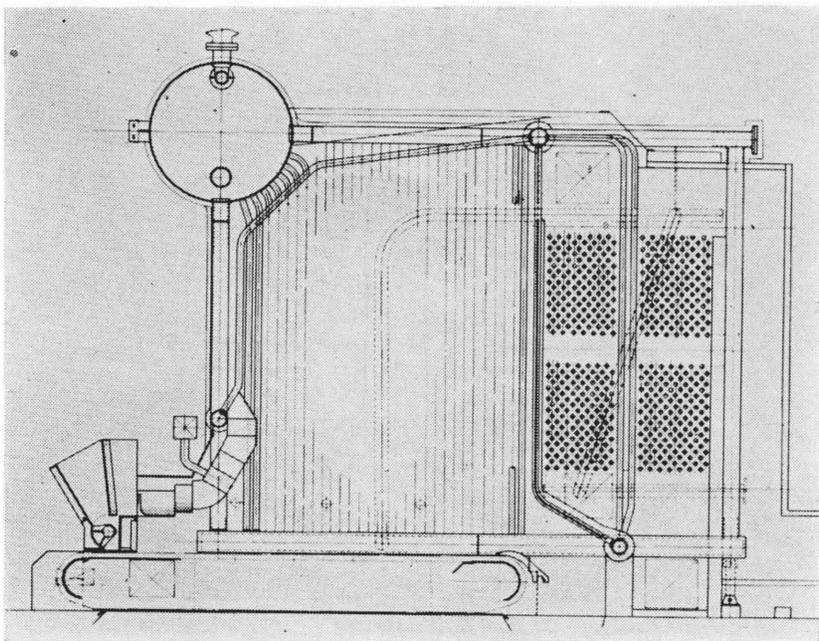
第6図 8.5E ミル



第7図 韓国電力局三陟発電所納150t/hボイラ

専焼という特別の条件のためにその設計には非常な苦心を払った。種々検討の結果、微粉炭装置はチューブミルを使用した半貯蔵式(SEMI-BIN, SYTEM)とし、フラッシュドライヤと合わせた系統を取ることにした。ボイラは火炎のトラベルを長くして完全燃焼を行なわせる目的で翼形火炉(WING FURNACE)とし下向けバーナを両側に配置して火炎がW形を形成しながら燃焼させるようにした。また炉内の温度をできるだけ高温に保って着火を安定させるため内面の一部にPCOを充てんしている。

(2) 日本ビール株式会社札幌工場納2,580,000kcal/h温水ボイラ
ビール製造工程中、麦芽の乾燥に使用する空気を加熱するのに一定温度の熱水が要求される。この熱水発生装置として今回バブ



第 8 図 日本ビール株式会社札幌工場納
コーナチューブボイラ

コック日立株式会社としては初めてのコーナチューブボイラを採用した。このボイラは上下管寄を四隅で縦のパイプで結び全体としてわく組みした姿をしており、これがコーナチューブと言われるゆえんである。このボイラは強制貫流形で温水はまず燃焼室の後にあるバンクチューブの下部管寄にはいる、このチューブ群を通った後、火炉の下部管寄にはいる。さらにこの火炉下部管寄から火炉を形成する水冷壁管（前壁、側壁、後壁）に分配され、最後に火炉上部管寄からドラムへとはいる。プロセス温水の流量は 73.4 t/h である。チューブは管寄にすべて溶接され、しかもわく組みしたコーナチューブでボイラは強固な一体構造を取っている。

(3) ブリジストンタイヤ東京工場納 60 t/h 二胴放射形標準ボイラ

50 t/h から 160 t/h 程度の中形ボイラで、重油、または高カロリーのガスの専焼、または混焼の場合の標準化を目ざしているボイラで、第 9 図に掲げたブリジストンタイヤ納のものはその代表的な例である。重油専焼で蒸気条件は 60 t/h × 63 kg/cm²g × 483°C である。

2.2 タービン

2.2.1 事業用大容量タービン

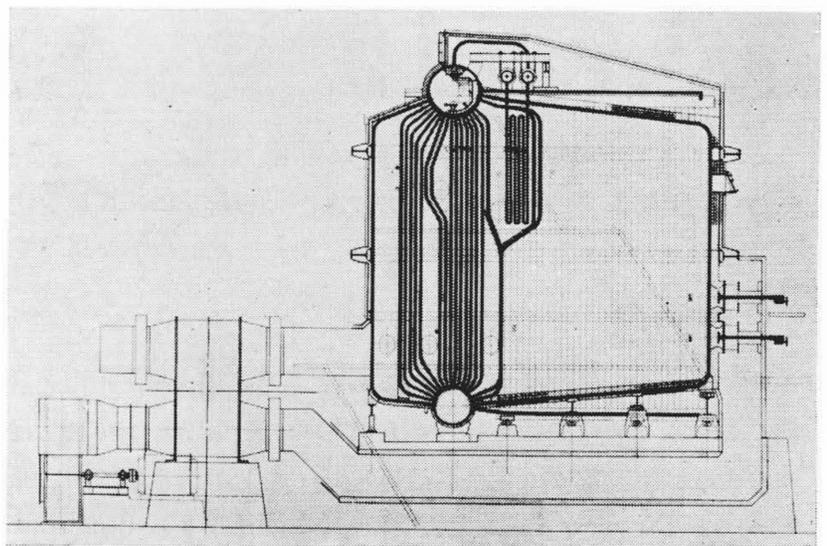
最近の電力需要の急激なる増加に伴い、大容量再熱タービンの発送ならびに受注量は飛躍的に増加し、36 年度に引き続いて 37 年度はさらに多数の汽機の完成納入を見た。

即ち東京電力株式会社横浜火力発電所納 1 号機(第 10 図)のような 175,000 kW 級が多数完成されたほか、北海道電力株式会社新江別、東北電力株式会社新潟発電所に 125,000 kW が、さらにまた 60c/s 地域にはベンソンボイラと組み合わせた屋外式の清水共同発電株式会社新清水発電所納 75,000 kW、中国電力株式会社水島発電所納第 1 号機 125,000 kW 第 2 号機 156,250 kW が次々に製作を完了し、据付完了したものはいづれも現地において、優秀な性能を発揮している。

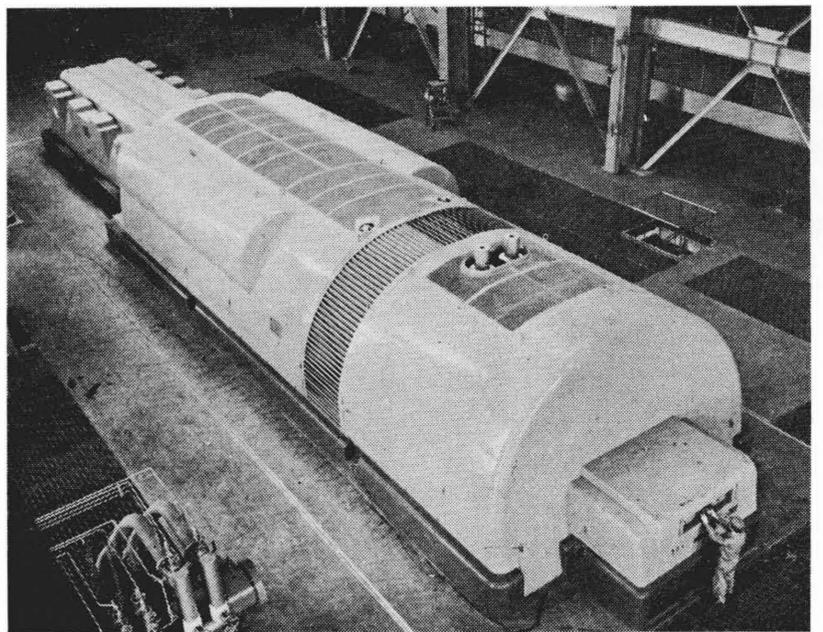
なおこれらの完成納入済みのタービンのほか、なお多数の汽機を受注済みであり、そのなかには東京電力株式会社五井発電所納のクロスコンバウンド形 265,000 kW や東北電力株式会社新潟発電所納第 3 号機 250,000 kW (第 13 図)、関西電力株式会社堺港発電所納第一号機 250,000 kW などの特筆すべき大容量機がある。特に後二機はアメリカにおいてもその類を見ない新機種で、斯界最新の研究成果を存分に折り込み、国産技術を自由に駆使した新しい設計である。

第 3 表 最近納入済または製作中の大容量再熱タービン一覧表

納入先	発電所名	出力 (kW)	主蒸気圧力 (kg/cm ² g)	主蒸気温度 (°C)	再熱温度 (°C)	排気圧力 (mm Hg)	回転数 (rpm)
東北電力株式会社	仙台 #3	175,000	169	566	538	722	3,000
東京電力株式会社	川崎 #2	175,000	169	566	538	722	3,000
東京電力株式会社	横浜 #1	175,000	169	566	538	722	3,000
北海道電力株式会社	新江別 #1	125,000	127	538	538	722	3,000
清水共同発電株式会社	新清水 #1	75,000	127	538	538	722	3,600
清水共同発電株式会社	新清水 #2	75,000	127	538	538	722	3,600
東京電力株式会社	横浜 #3	175,000	169	566	538	722	3,000
東北電力株式会社	新潟 #2	125,000	127	538	538	728	3,000
中国電力株式会社	水島 #2	156,250	169	566	538	722	3,600
東京電力株式会社	川崎 #4	175,000	169	566	538	722	3,000
東京電力株式会社	五井 #2	265,000	169	566	566	722	3,000
関西電力株式会社	春日出 #2	156,250	169	566	538	722	3,600
中部電力株式会社	新名古屋 #6	220,000	169	538	538	722	3,600
東北電力株式会社	新潟 #3	250,000	169	566	566	728	3,000
東京電力株式会社	五井 #4	265,000	169	566	566	722	3,000
関西電力株式会社	堺港 #1	250,000	169	566	538	722	3,600
北海道電力株式会社	新江別 #3	125,000	127	538	538	722	3,000



第 9 図 ブリジストンタイヤ株式会社東京工場納
60 t/h ボイラ

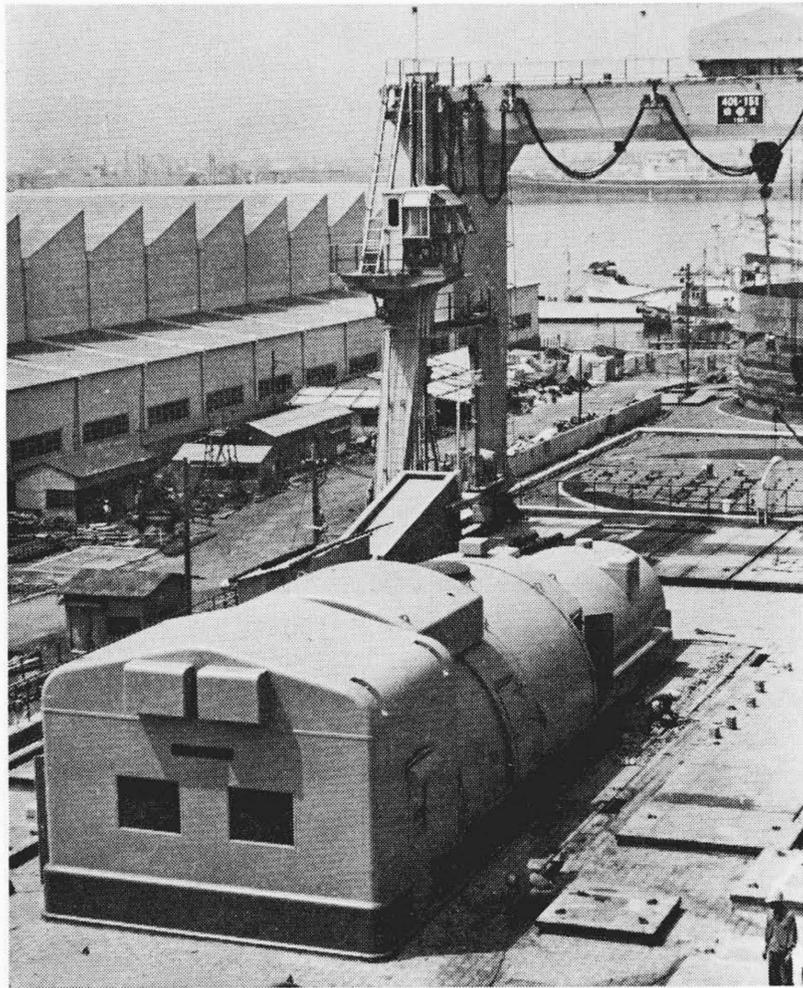


第 10 図 東京電力株式会社横浜発電所納
175,000 kW 再熱タービン

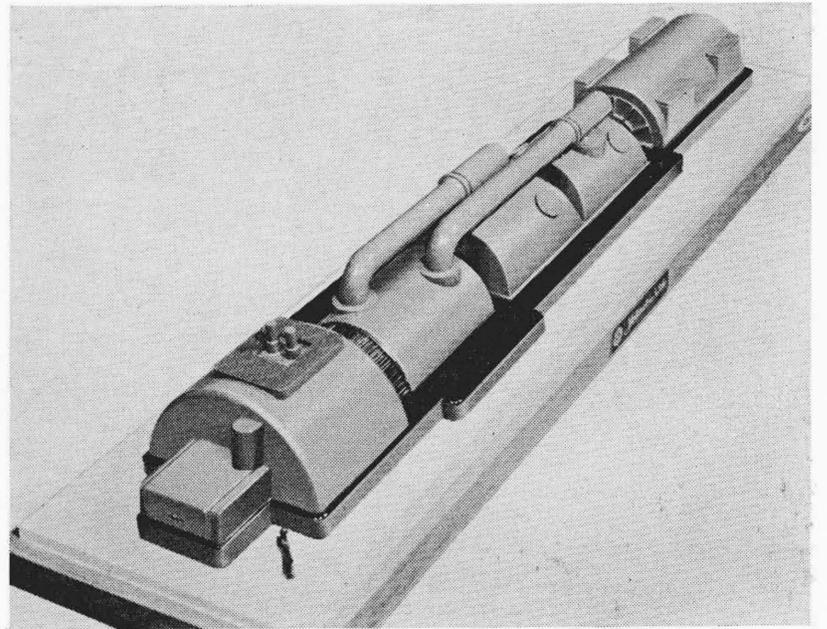
このようなあいつぐ事業用タービンの大容量化に即応してさらに効率の向上を図り、信頼度においてまさる新鋭タービンを開発するために、実機大低圧タービン試験装置を用いてタービン翼列の流体力学的研究を理論とあわせ進める一方、耐熱材料の総合的研究や多軸受ロータ実験装置による振動の研究など多様な研究を並行して推進し、その結果を次々に実機に採用しつつある。

2.2.2 産業用蒸気タービン

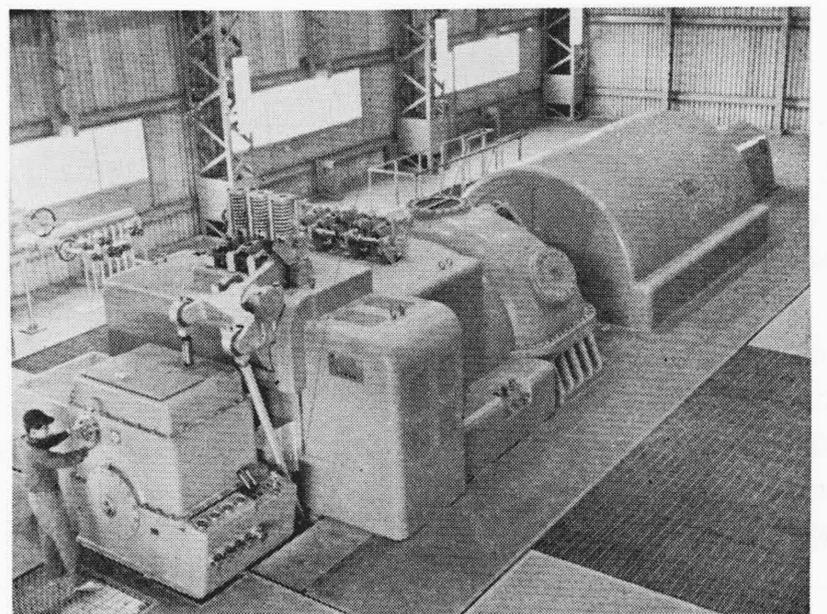
産業界では消費電力および作業用蒸気の需要増大により経済的に



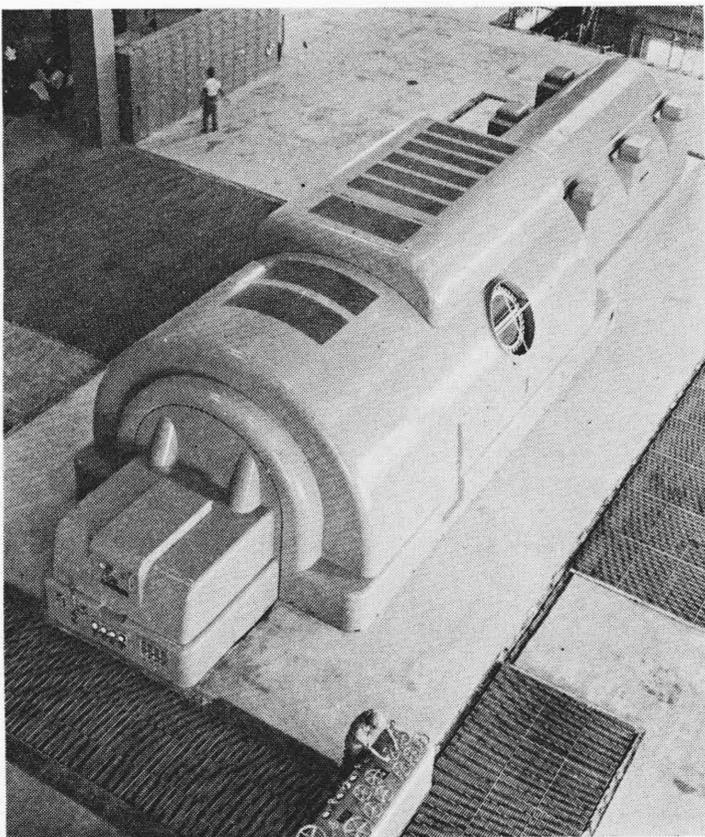
第 11 図 清水共同発電株式会社新清水発電所納
75,000 kW 再熱タービン



第 13 図 東北電力株式会社新潟発電所納
第三号 250,000 kW 機再熱タービン



第 14 図 信越化学工業株式会社直江津火力発電所納
25,000 kW 抽気復水タービン



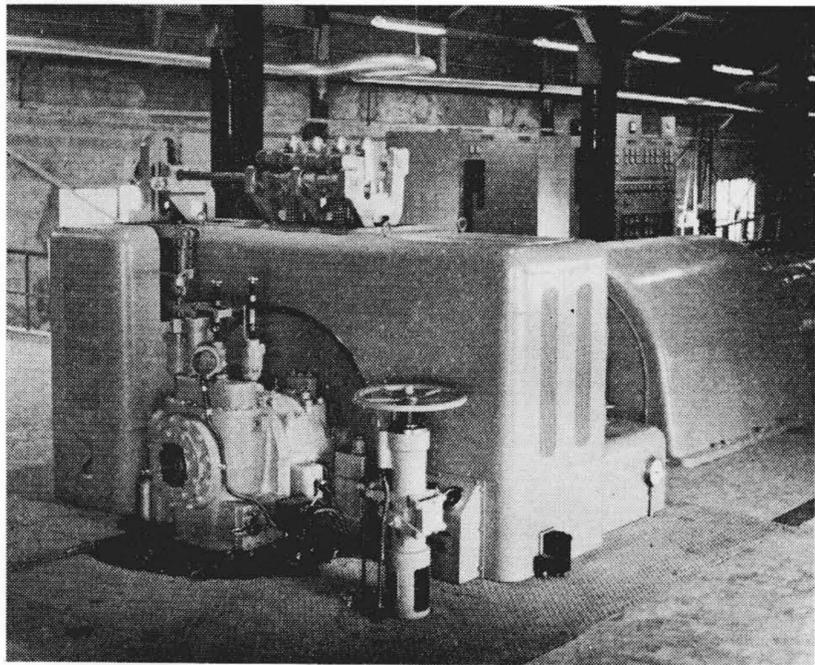
第 12 図 中国電力株式会社水島発電所納
一号機 125,000 kW 再熱タービン

有利な自家発電設備の新設，または増設が推進されている。産業用タービンは産業の種別により使用条件が異なるので，これに適した経済的に効率のよい信頼性のある各種タービンを設計しており，37年度納入，または製作中のものを第4表に示す。これらタービンの代表的なものを第14，15図に示す。

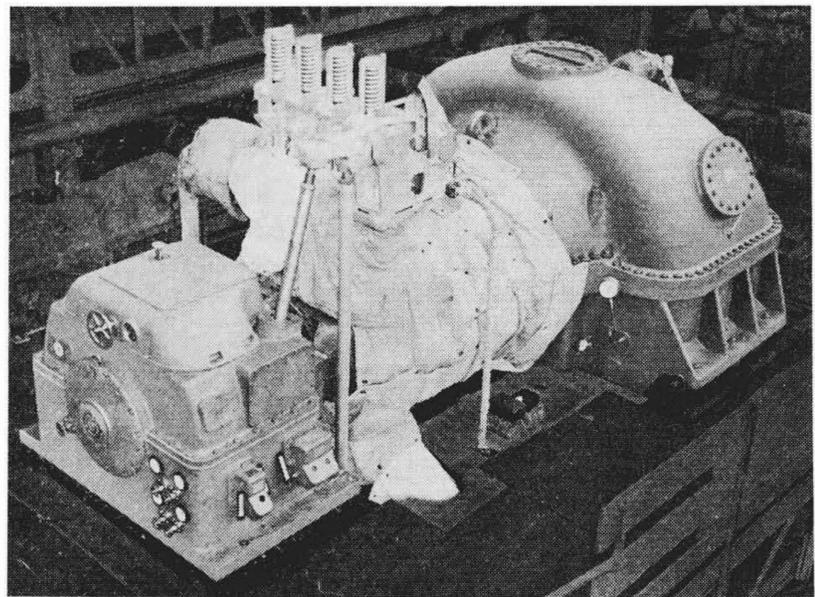
信越化学工業株式会社直江津火力発電所に納入した25,000 kW 抽気復水タービンは幾多の新しい試みを採用した。この形式のタービンでは日立製作所の記録品である。富士製鉄株式会社室蘭製鉄所に納入した9,000 kW タービンはすでに同社広畑製鉄所に納めた7,800 kW × 2台および同形の室蘭製鉄所の9,000 kW × 2台に引き続き完成納入したもので，発電用タービンと異なり大幅に変わる使用回転数に対し十分安全な設計となっており，既納タービンによりそ

第4表 37年度完成ならびに現在製作中の産業用タービン

納 先	発電所名	形 式	出 力 (kW)	主蒸気圧力 (kg/cm ² g)	主蒸気温度 (°C)	抽気圧力 (kg/cm ² g)	排 気 圧 力	回 転 数 (rpm)	台 数
信越化学工業株式会社	直江津	抽気復水	25,000	88	482	10.0	722 mmHg	3,000	1
日本甜菜製糖株式会社	磯分内	背 圧	2,800	29	380	—	3 kg/cm ² g	3,000	1
富士製鉄株式会社	室 蘭	復 水	9,000	60	480	—	730 mmHg	4,200	1
日本鋳業株式会社	佐賀関	復 水	3,000	35	410	—	722 mmHg	3,600	1
興亜石油株式会社	麻里布	復水 (減速装置付)	1,050	36	365	—	63.5 mmHgabs.	4,246/475	2
丸善石油株式会社	関 東	背 圧	5,800	80	440	—	13.5 kg/cm ² g	3,000	2
昭和電工株式会社	市 原	再 熱	75,000	102	538	—	722 mmHg	3,000	4
帝国人造絹糸株式会社	松 山	抽気背圧	10,700	140	538	16.0	3.0 kg/cm ² g	3,600	1
十条製紙株式会社	十 条	背 圧	10,000	80	530	—	2.5 kg/cm ² g	3,000	1
東海製鉄株式会社	東 海	復 水	12,800	88	510	—	730 mmHg	3,970	2



第15図 日本甜菜製糖株式会社磯分内火力発電所納 2,800 kW 背圧タービン



第16図 インドネロール発電所納 30,000 kW タービン

の優秀性が確認され好評を博している。この経験と実績に基づき、さらに大形にして高温、高圧の東海製鉄株式会社納 12,800 kW プロワ駆動用タービンを2台製作中である。35年度に産業用タービンとしては画期的な主蒸気条件として産業界の注目を集めた帝国人造絹糸株式会社松山工場納 10,700 kW タービン1号機に引き続き2号機が完成し現在据付中である。本機は1号機に対しさらに改良を加えたもので、いっそう優秀な成績を収めるものと期待される。日本甜菜製糖株式会社磯分内発電所納 2,800 kW タービンは甜菜糖の製造に必要な電力および作業用蒸気発生用として製作されたもので短納期間で完成されたのが大きな特長である。事業用火力発電所に匹敵する発電設備として注目されている昭和電工株式会社市原火力発電所納 75,000 kW 再熱タービン1, 2号機は工場試験を完了し現在据付中である。興亜石油株式会社麻里布製油所納 1,050 kW タービン×2台は36年度に納めた1号機に引き続き製作されたもので、石油プラントの海水ポンプ駆動用で、減速装置を介しポンプを駆動する構造とし、主塞止弁、調整弁を1箇所に集めた非常にコンパクトな構造としたものである。

以上のようにおもに発電に重きをおく復水タービン、工場作業用蒸気と発電にその目的をおく抽気背圧、抽気復水、背圧タービン、高炉送風用に用いられる復水タービンおよびポンプ駆動用として用いられるタービンなどその使用目的により異なるタービンが納入されている。

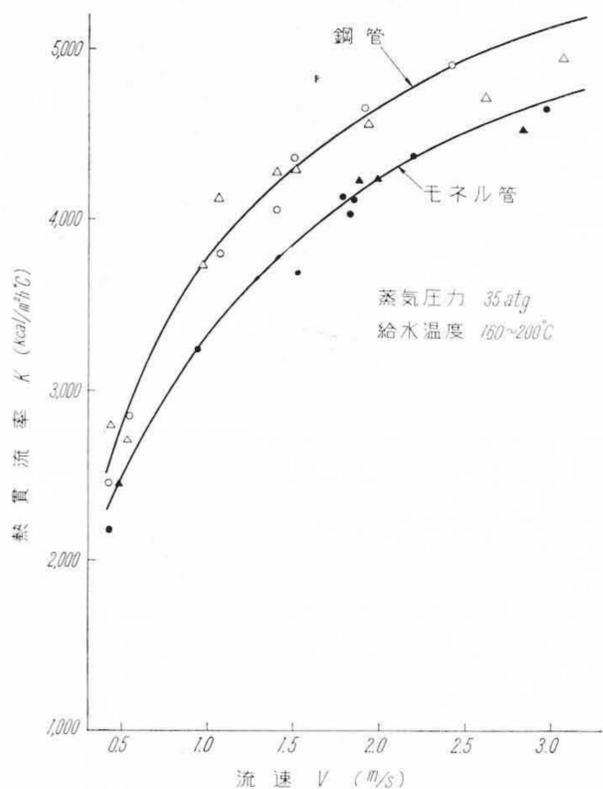
2.2.3 輸出用タービン

諸外国に日立製作所火力技術の優秀性が認められ、現在第5表に示すような 10,000~30,000 kW タービンを続々製作中である。このうちインド・ネロール発電所納 30,000 kW タービンが好調に工場運転を終了した。本タービンは輸出用としては日立製作所の記録品であり、特に同期調相運転を可能にするため軸接手、潤滑装置、ターニング装置に特別の考慮が払われている。

海外市場の開拓のためには、性能、信頼性の向上はもちろんのことであるが、生産設備、合理化に基づく原価の低減がその鍵となるので、われわれは、この点に大きな努力を傾けている。

第5表 輸出タービナー覧表

納入国名	発電所名	定格出力 (kW)	台数	タービン形式	主蒸気圧力 (kg/cm ²)	主蒸気温度 (°C)	排気圧力 (mmHg)	回転数 (rpm)
インド	ネロール	30,000	1	復水式	60	482	705.4	3,000
インド	ハルドアガンヂ	30,000	1	復水式	60	482	702.8	3,000
アルゼンチン	バランケラス	10,000	3	復水式	40	435	722	30,000
韓国	サムチョック	33,000	1	復水式	60	482	722	36,000



第17図 給水流速と熱貫流率

2.2.4 船用タービン

ディーゼル機関の出力増大により、船用タービンの製作分野が次第に大形化せられつつあるが、今回日立造船株式会社納 18,500 kW 発電用タービン2台、800 kW 発電用タービン2台を完成した。18,500 kW 発電用タービンはさきに製作した 19,500 kW 発電用タービンに次ぐ記録品であり、アメリカに輸出される 53,000 t タンカーに積載される。

本タービンは、効率の高いのが大きな特長で、海上公試では、記録的な低い燃料消費率を得ることが期待されている。

2.3 プラントおよび補機

2.3.1 鋼管式給水加熱器

使用蒸気の高温、高圧化および貫流ボイラプラントの使用に伴って給水中の銅、鉄、その他の固形分の溶存量が制限されるようになり、そのために給水処理の薬品として固形分が全然残留しないアンモニア、ヒドラジンなどの揮発性薬品による no-solid treatment が行なわれるようになった。

これらの目的に合致した加熱管材質として、従来のキュプロニッケル、モネルメタルなどの銅系統の合金にかわって大容量プラントにおいては日本で初めて日立製作所において鋼管が使用されるようになった。

鋼管製加熱管はアンモニア、ヒドラジンに対する耐食性が非常に強く、また実験結果によればその熱貫流率は同一肉厚では9:1 キュプロニッケルとほぼ同一で、従来一般に考えられていた値より非常に大きいことが明らかとなった。

第17図に鋼管とモネルメタル管の給水流速による熱貫流率の変化の実験値を示すが、モネルメタル管に比較してかなり大きな値をとり得ることがわかる。

第6表に日立製作所で採用した鋼管式給水加熱器の実績を示すが、鋼管式給水加熱器は給水処理およびその経済性の点から、アメリカにおいてもようやく使用され始めており、今後いっそうの需要があるなるものと考えられる。

第6表 日立製作所で製作中の鋼管式給水加熱器

発 電 所 名	タービン出力 (MW)	主蒸気条件		ボイラ形式
		圧 力 (kg/cm ²)	温 度 (°C)	
東京電力株式会社五井火力発電所No.2, 4	265	170	566	貫流ボイラ
東北電力株式会社新潟火力発電所No.3	250	170	566	貫流ボイラ
昭和電工株式会社市原火力発電所No.1~4	75	103	538	自然循環ボイラ
信越化学工業株式会社直江津火力発電所No.1	25	88	482	自然循環ボイラ
丸善石油株式会社関東製造所No.1, 2	5.8	80	440	自然循環ボイラ

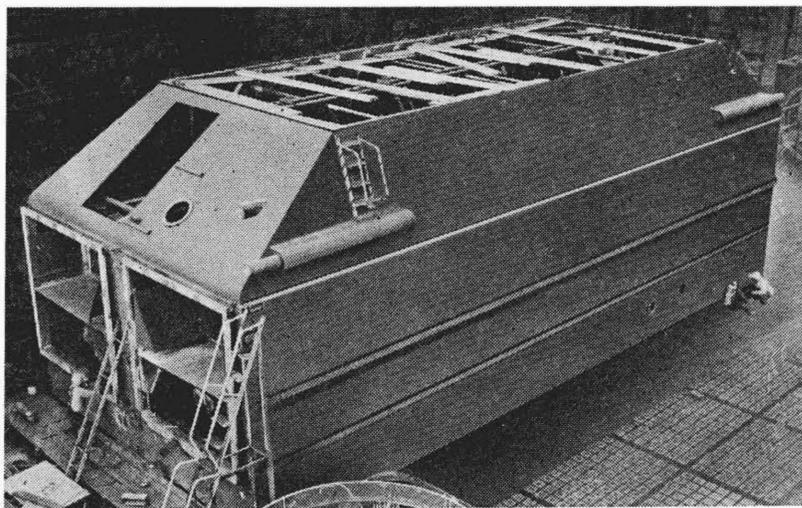
2.3.2 貫流ボイラプラント用大容量復水器

37年度初めに設計、製作にはいった東京電力株式会社五井火力発電所納 265,000 kW貫流ボイラタービン発電設備用 16,000 m²復水器を完成した。本器は貫流ボイラプラント用復水器として、わが国最大の容量であり、世界でも屈指の大容量器である。貫流ボイラプラントに適合した新しい設計を採用し、将来の大容量貫流ボイラプラント用復水器の基礎を確立した。貫流ボイラプラント用大容量復水器は一折向い流形に設計され、4排気室形蒸気タービンの各排気口における排気圧の不平衡をなくし、蒸気タービン排気口から復水器までの圧力損失と復水器内部での圧力損失をできるだけ少なくするために、復水器の連結胴とチューブ配列には特別な考慮が払われた新設計となっている。貫流ボイラプラントの第1の特長は過熱器およびタービンバイパス蒸気の導入装置で、エネルギーダンパによってバイパス蒸気の持っているエネルギーを吸収して、減圧、減速された蒸気を復水器に導き、冷却管を損傷しないようにし、またエネルギーダンパの上部にスプレーカーテンを張りタービン排気室の温度の過上昇を防止している。またボイラ給水の高純度を保持するために冷却水の漏えいを早期に検出できるように復水だめを数個の区画に区分し、それぞれの区画に電気伝導計を装備して常に復水の純度を監視する方式が用いられている。さらに現在貫流ボイラプラント用大容量復水器として東北電力株式会社新潟発電所 250 MW 16,000 m² 復水器1台を製作中である。

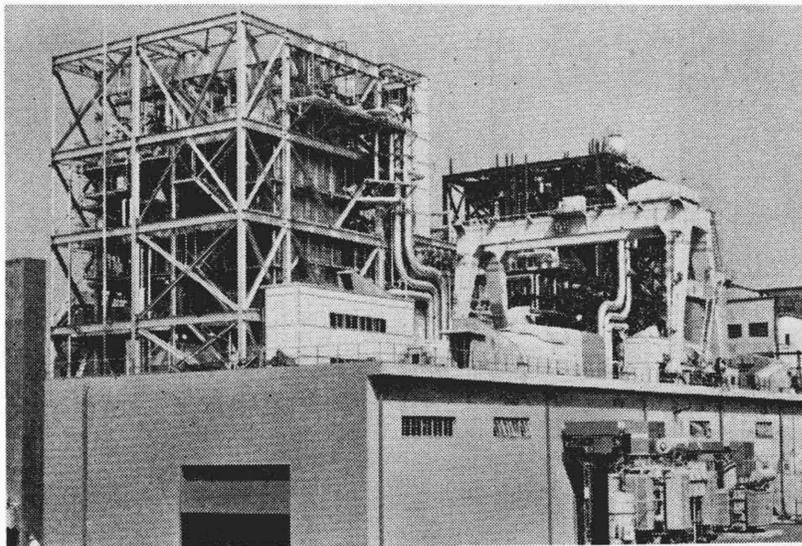
2.3.3 清水共同発電株式会社納 75 MW ベンソンプラント起動実績

清水共同発電株式会社納 1号機 75,000 kW ベンソンプラントが昭和37年9月下旬好調裏に試運転を終了し営業運転にはいった。続いて2号機も11月下旬より営業運転にはいった。本プラントはわが国最初の事業用ベンソンプラントとして注目を集めていたものであるが運転実績として特筆すべき点は次のとおりである。

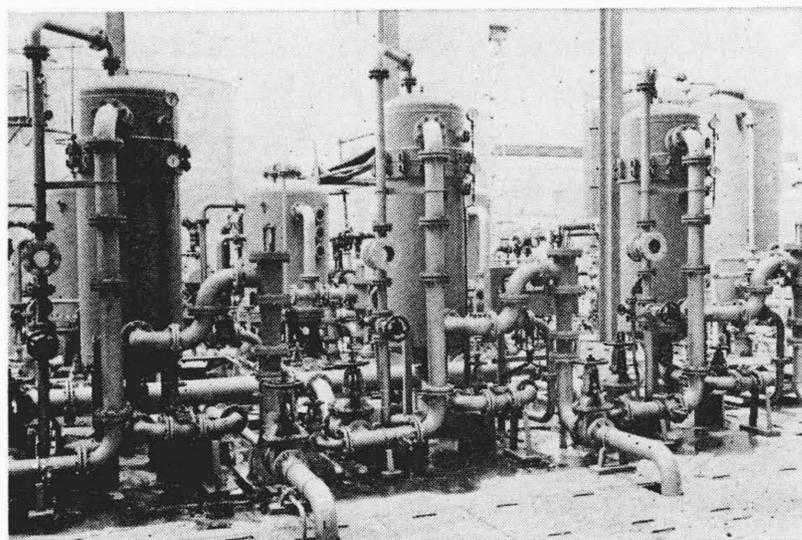
(1) 貫流ボイラプラント、特に重要なものはその給水水質で本プラントには国産初の大容量復水脱塩装置が設置されているがその出口水純度は非常に高く十分保証値を上回った。またドラム形ボイラの場合のシリカパージに相当するボイラ火入後の水循環すなわちクリーンアップオペレーションは外国のこの種プラントの実績では1~5箇月を要していたが建設途上における厳重な機器および配管の内部管理と建設後の慎重な酸およびアルカリ洗浄によって約一週間で終了することができた。



第18図 貫流ボイラプラント用大容量復水器



第19図 新清水 75,000 kW ベンソンプラント起動実績



第20図 復水脱塩装置

(2) 起動バイパス装置も貫流ボイラプラント独特のものであるが本装置には日立製作所独自の方式を採用し過熱器バイパス弁、タービンバイパス弁の後には摩耗に耐えるターゲットを設置するなど随所に新しい設計を取り入れて起動性能および過渡的流動による振動、水撃作用防止の面で十分な検討を加えた結果迅速、確実に起動停止できることが実証された。

本ボイラは従来のボイラと著しく異なる特性を有すると考へられるので慎重な計画のもとにその動特性試験を実施した。試験には実験が容易な過渡応答法を採用した。操作変数としては重油流量、給水流量、過熱器減温器注水流量、ガス再循環送風機ダンパ開度、タービン加減弁開度の5種類を選び、このうち1種類にステップ状の変化を与えた。外乱の影響を少なくして測定精度を上げるためには、各変数の変化幅をできるだけ大きくとる必要があるが、各機器の安全性の見地から変数には制限値があるので主蒸気圧力 124 kg/cm²G、温度 525°C を基準の運転状態としてこの点から上下に操作することができるようにした。

動特性試験の結果、起動特性、負荷追従性のよい運転を行なうための多数の資料を得たが、主要な点は次のとおりである。

- (1) 主蒸気温度に対する重油流量の効果は給水流量の効果より速く現われる。第 21 図を示す。
- (2) 主蒸気温度に対する注水流量の効果は予想どおり非常に速く現われる。また圧力変化に対する注水の効果も無視できない。
- (3) 再熱蒸気温度制御はガス再循環送風機ダンパ開度の制御によって行なうことができる。
- (4) タービン加減弁開度変化は主蒸気温度にはあまり影響しない。
- (5) 主蒸気温度は負荷が高いときほど早く応答する。
- (6) 各変数の応答時間は自然循環ボイラより著しく短い。

動特性試験のほか種々の大規模な試験が行なわれ、多数の貴重なデータを得ることができ、今後貫流ボイラプラントの製作に対しさらにいっそうの自信を持つことができた。

2.4 タービン発電機

2.4.1 事業用大容量水素冷却タービン発電機

火力需要の増大に伴って、37 年度には総容量において 36 年度をはるかに上回る発電機を完成した。おもな製品としては、東京電力株式会社横浜火力発電所、川崎火力発電所納として、224,000 kVA, 3,000 rpm 機を合計 3 台、中国電力株式会社水島火力発電所納 192,000kVA, 3,600rpm 機、また北海道電力株式会社新江別火力発電所納および東北電力株式会社新潟火力発電所納として 160,000 kVA 3,000 rpm 機を合計 2 台製作した。

37 年度の特徴は、同一設計の大容量 3,000 rpm 機を量産したこと、および中国電力株式会社水島火力発電所納 192,000 kVA をはじめとして大容量 3,600 rpm 機を多数製作したことである。また清水共同発電株式会社新清水火力発電所納 95,909 kVA, 3,600 rpm 機は日立製作所で初めて製作した屋外設置式のタービン発電機であり、日射、風雨にさらされても支障なく運転できるよう種々のくふうがなされている。

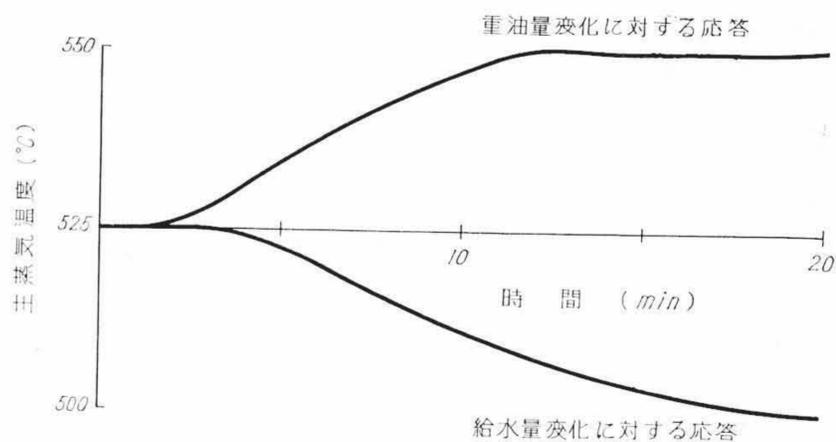
これらの発電機はいずれも、慎重な設計に豊富な大容量機製作経験が生かされ、振動もきわめて少なく良好な成績を取っている。

第 7 表は 37 年度に完成した発電機のほかに現在製作中の事業用タービン発電機の一覧表を示したものであるが、東北電力株式会社新潟火力発電所納 320,000 kVA, 3,000 rpm 機、関西電力株式会社堺港火力発電所納 300,000 kVA, 3,600 rpm 機および中部電力株式会社新名古屋火力発電所納 281,600 kVA, 3,600 rpm 機と大容量直接冷却タービン発電機を多数受注し、製作中であることが同時に特筆される。これらの直接冷却タービン発電機は、長年にわたる試作研究、製作技術の進歩を基礎にして慎重に設計製作されたものであり、今後予想される大容量直接冷却タービン発電機の増大に対する生産態勢も十分に確立された。なおこのほかに 169,600 kVA, 3,000 rpm 機 2 台より構成されるクロスコンパウンド発電機も東京電力株式会社五井火力発電所納として 1 セット完成し、さらに 1 セット製作中である。

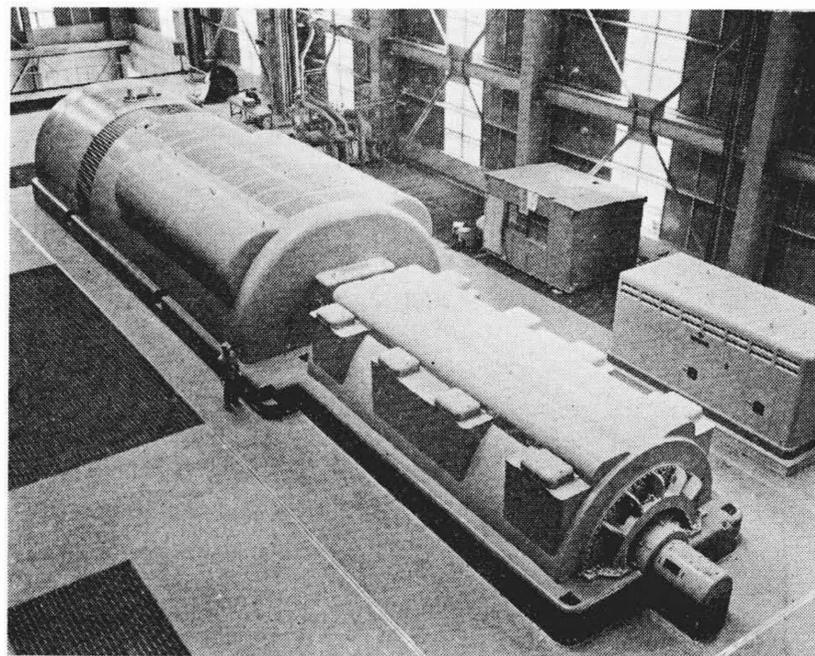
2.4.2 直接冷却タービン発電機

タービン発電機の出力限界はその時代に入手しうる回転子軸材の限度によって制約されることはもちろんであるが、最近においてはもっぱら冷却方式の改善によって著しい発展をとげつつある。

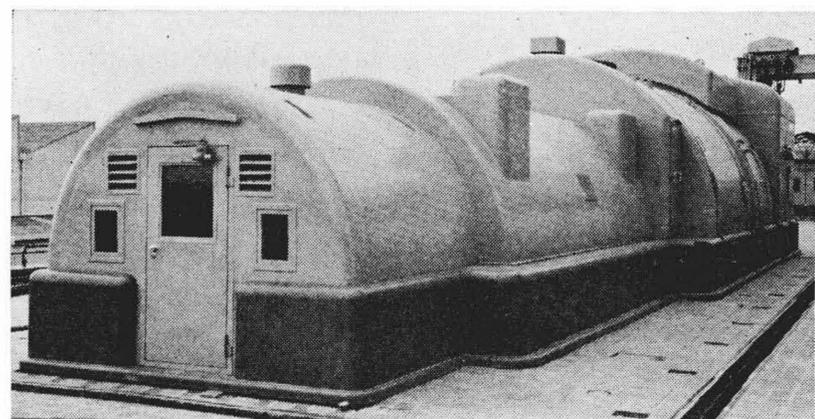
従来の普通冷却方式では電流損が絶縁物を通して放散されるので、放熱に際して相当の温度こう配を生じていたが、直接冷却方式では固定子コイル、回転子コイルの導体内に冷却媒体を直接流通させて電流損を奪い去る方式で、線輪温度上昇はこれにより著しく減少できる。逆にいえば同一温度上昇に対する線輪の電流容量を増大



第 21 図 主蒸気温度応答の一例



第 22 図 東京電力株式会社横浜火力発電所納 224,000 kVA, 3,000 rpm タービン発電機



第 23 図 清水共同発電株式会社納 95,909 kVA, 3,600 rpm タービン発電機

第 7 表 事業用タービン発電機

納 先	発電所名	容 量 (kVA)	電 圧 (V)	回転数 (rpm)	台 数	備 考
東北電力株式会社	新 潟	320,000	12,600	3,000	1	製作中、直接冷却
関西電力株式会社	堺 港	300,000	18,000	3,600	1	製作中、直接冷却
中部電力株式会社	新名古屋	281,600	12,600	3,600	1	製作中、直接冷却
東京電力株式会社	横 浜	224,000	12,000	3,000	2	
東京電力株式会社	川 崎	224,000	12,000	3,000	1	
中国電力株式会社	水 島	192,000	18,000	3,600	1	
関西電力株式会社	春 日 出	192,000	18,000	3,600	1	製作中
東京電力株式会社	五 井	169,600×2	15,000	3,000	2	2号機完成、4号機製作中、クロスコンパウンド
北海道電力株式会社	新 江 別	160,000	15,000	3,000	2	1号機完成、3号機製作中
東北電力株式会社	新 潟	160,000	15,000	3,000	1	
清水共同発電株式会社	新 清 水	95,909	13,800	3,600	2	

できる。

直接冷却方式は冷却媒体の種類および流通方式の変化によって種々の方式が考えられる。日立製作所では回転子についてはギャップピックアップ方式（水素ガスを空げき部から吸い込み、中空界磁線輪を通して線輪で発生する電流損を吸収後再び空げきに放出する方

第8表 直接冷却タービン発電機

納 先	発電所名	容量 (kVA)	電 圧 (V)	回転数 (rpm)	冷 却 方 式	
					固 定 子	回 転 子
東北電力株式会社	新 潟	320,000	12,600	3,000	普通水素冷却	{ギャップピックアップ
関西電力株式会社	堺 港	300,000	18,000	3,600	油 冷 却	{ギャップピックアップ
中部電力株式会社	新名古屋	281,600	12,600	3,600	普通水素冷却	{ギャップピックアップ
日立製作所		200,000	18,500	3,600	{油 冷 却 {水 冷 却	{ギャップピックアップ

式)を採用し、固定子については液体冷却方式(中空固定子線輪導体内に油,または水を通して冷却する方式)を採用して組み合わせることになっている。

また回転子に比べると本質的に温度上昇の点で楽な固定子を普通冷却とし、回転子のみ直接冷却方式として組み合わせることも有効である。

前節でもふれたように、現在第8表のような直接冷却タービン発電機を製作しているが、関西電力株式会社堺港火力発電所納300,000 kVA, 3,600 rpm 機および日立製作所の試作200,000 kVA, 3,600 rpm 機は前者の組み合わせに属し、東北電力株式会社新潟火力発電所納320,000 kVA, 3,000 rpm 機および中部電力株式会社新名古屋火力発電所納281,600 kVA, 3,600 rpm 機は後者の組み合わせに属している。第24図はギャップピックアップ式回転子の通風を説明したものであり、第25図は液体冷却式固定子線輪の断面、第26図は同線輪端接続部を示したものである。日立製作所では各部件の試作研究、各部工作法の検討、冷却特性の理論的解析はすでに完了したが、さらに37年度完成の200,000 kVA の液体冷却タービン発電機において、各種ぼう大な試験を行なうことにより直接冷却に関する諸問題に対して貴重な試験データを多数得ることができ、今後の直接冷却タービン発電機の設計製作に対し多大の参考となった。

320,000 kVA, 3,000 rpm 機, 300,000 kVA, 3,600 rpm 機のギャップピックアップ式回転子は絶縁材料および構造に斬新な設計を採用し、信頼度をさらに高めている。このような新技術の開発により、現在500,000 kVA 程度までの直接冷却タービン発電機は十分製作できる態勢が整っている。

直接冷却発電機の出現によりその励磁容量が飛躍的に増大したため、励磁機の出力が必然的に増大してきた。1,100 kW, 1,200 kW に達する大容量の別置式の電動機駆動励磁機が現在製作されているが、豊富な高速直流機の製作経験によりこれらもなんら問題なく製作することができる。

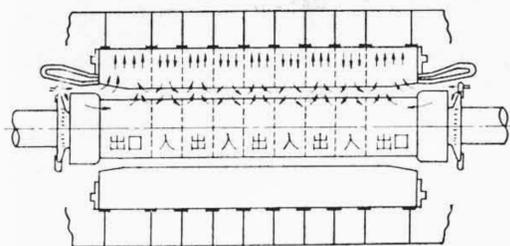
2.4.3 産業用タービン発電機

事業用大容量タービン発電機とともに産業用タービン発電機、輸出向けタービン発電機の製作も活発で、37年度に製作した発電機は第9表のとおりである。

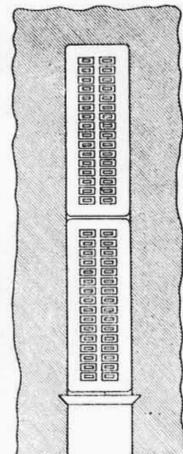
特に昭和電工株式会社納92,000 kVA 機は従来各電力会社に納入したものと同一仕様の大容量水素冷却発電機である。

信越化学工業株式会社納31,250 kVA 機、十条製紙株式会社納12,500 kVA 機、インド向け37,500 kVA 機および35,295 kVA 機などは、固定子鉄心の磁気吸引力による2倍周波数の振動を固定子わくおよび基礎に伝えないように、鉄心はスプリングロッドにて支持される構造を採用し好成績をあげた。これは従来より大形機に採用しているスプリングバー支持に比較し構造が簡単であってこれら中容量機にきわめて適したものであり、今後産業用タービン発電機にますます採用する予定である。第29図はスプリングロッド支持方式の説明図を示したものである。

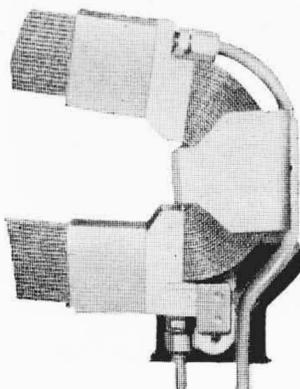
またインド、ネロール発電所向け35,295 kVA 機は、発電機運転のほか同期調相機運転ができるように励磁機の後起動電動機が直結されており、さらに同期調相機運転時タービンとの直結を容易に



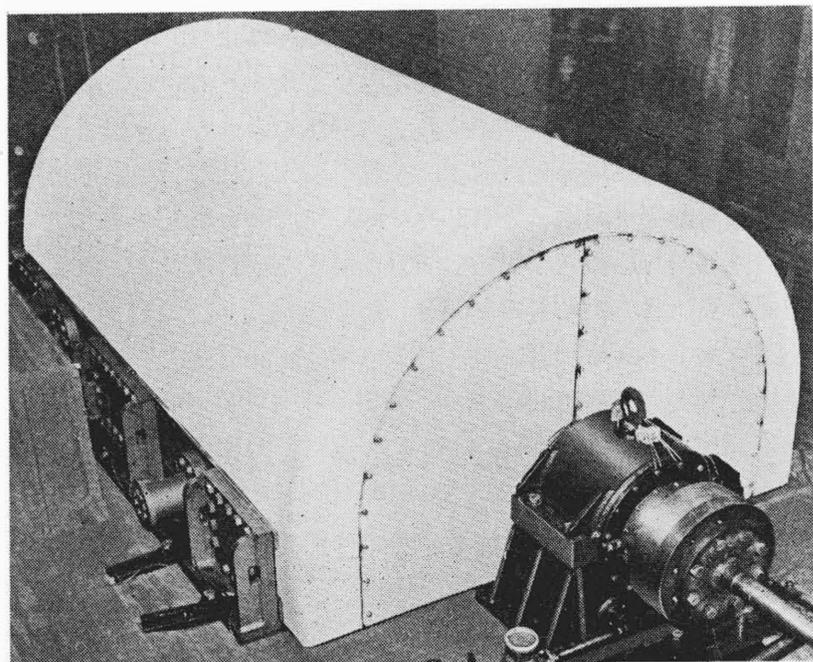
第24図 ギャップピックアップ式回転子通風説明



第25図 液体冷却固定子線輪



第26図 液体冷却固定子線輪端接続部



第27図 信越化学工業株式会社納31,250 kVA, 3,000 rpm タービン発電機

第9表 産業用タービン発電機(輸出用を含む)

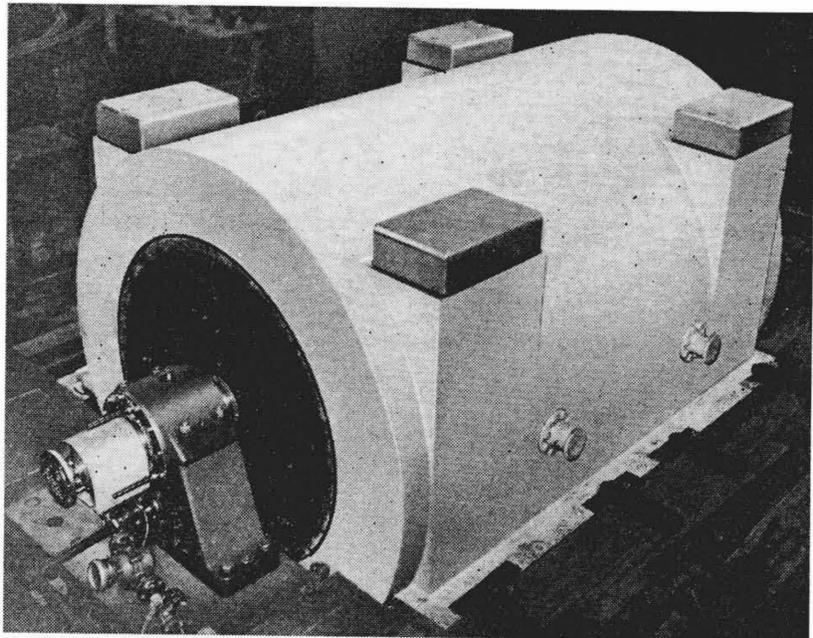
納 先	発 電 所 名	容 量 (kVA)	電 圧 (V)	回 転 数 (rpm)	台 数	備 考
昭和電工株式会社	市 原	92,000	13,200	3,000	4	水素冷却
信越化学工業株式会社	直 江 津	31,250	11,000	3,000	1	
帝国人造絹糸株式会社	松 山	13,150	3,300	3,600	1	
十条製紙株式会社	十 条	12,500	6,900/3,450	3,000	1	
丸善石油株式会社	関 東	7,250	3,300	3,000	1	
日本甜菜製糖株式会社	磯 分 内	3,500	3,000	3,000	1	
日本鉱業株式会社	佐 賀 関	3,440	3,300	3,600	1	
韓 国	サムチョック	44,118	13,800	3,600	1	水素冷却
イ ン ド	ハルドアガンジ	37,500	11,000	3,000	1	
イ ン ド	ネ ロ ー ル	35,295	11,000	3,000	1	
ア ルゼンチン	バランケラス	14,286	13,200	3,000	3	

はずず装置および潤滑油系統に特別の配慮が払われている。

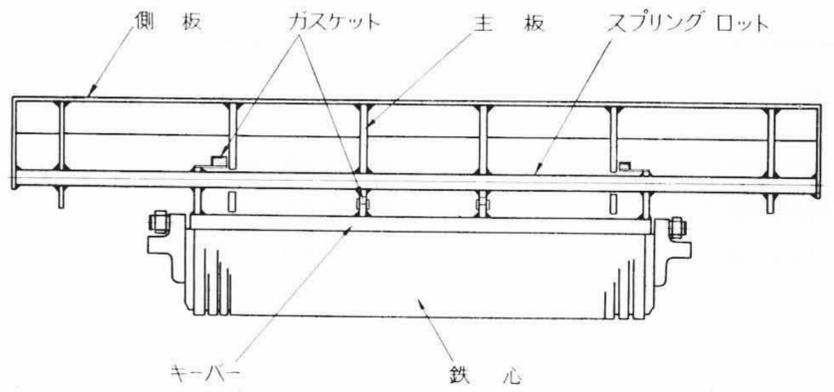
2.5 配電盤および制御装置

東京電力株式会社横浜火力発電所1, 3号の175,000 kW 2台をはじめ大容量火力発電所の制御装置および配電盤を引き続き多数納入した。

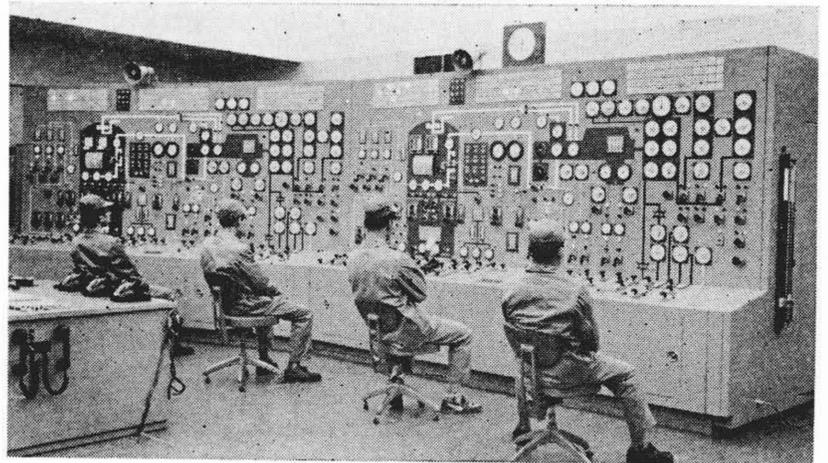
火力発電所の自動化は従来の平常運転時の自動制御と保護連動を基礎にして最終的には計算機による自動起動停止と負荷運転に進も



第 28 図 十条製紙株式会社納 12,500 kVA, 3,000 rpm タービン発電機



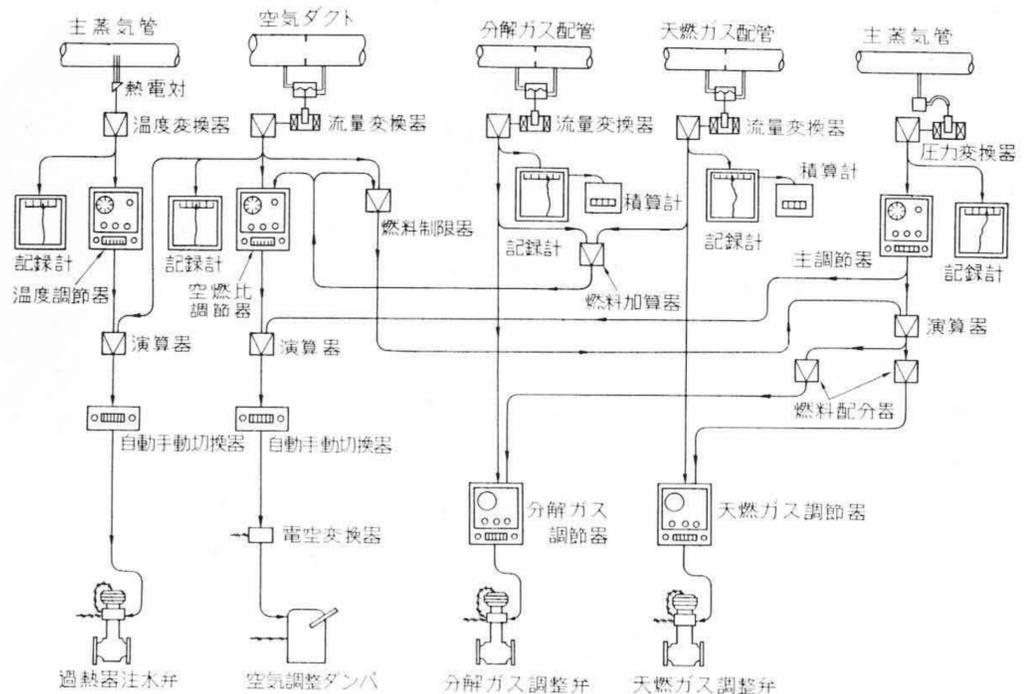
第 29 図 スプリングロッド支持固定子



第 30 図 清水共同発電株式会社新清水火力発電所納 1, 2 号中央制御盤

うとしているが、その一つの過程としてバーナの自動化と自動負荷調整装置の開発が行なわれた。バーナはボイラで自動化が最も困難なものであるが東北電力株式会社新潟火力発電所、北海道電力株式会社新江別火力発電所納の各 125,000 kW ではすべて中央制御とし各バーナの運転状況も中央で監視できる方式としている。また火力機の発電比率が大きくなり系統の負荷変化を火力でも分担する必要上、最近の火力では自動負荷調整装置が要求される。中国電力株式会社水島火力発電所納 2 号 156,000 kW ほかに 2 台用として摺動部のない磁気増幅器形演算器による高精度で信頼性の高い新方式のものを開発した。

強制貫流ボイラ用制御装置として清水共同発電株式会社新清水火力発電所納 75,000 kW 2 台のペンソンボイラ用 ABC が好調に運転にはいり、東京電力株式会社五井火力発電所納 2 号 265,000 kW UP ボイラ用も現地据付中である。強制貫流ボイラではボイラ保有水量が小さく燃焼、給水量の変化によって蒸気圧力、蒸気温度の両者が変化するので制御が困難といわれているが、清水共同発電株式会社新清水火力発電所のボイラ動特性試験、ABC 応答試験により気胴式ボイラに比しむしろ簡単な制御方式で優秀な制御実績が得られた。第 30 図は新清水火力発電所の BTG 形中央制御盤で、ボイラタービン発電機の全ユニットに対し盤は縮小形の計器、盤上器具を使用した小形の図示パネル 1 面にまとめており、発電所の運転監視がきわめて容易である。強制貫流ボイラ特有の起動系統バイパス制御、フラッシュタンク回り制御はもとより、タービンの全周噴射起動制御もすべて中央で操作が可能である。



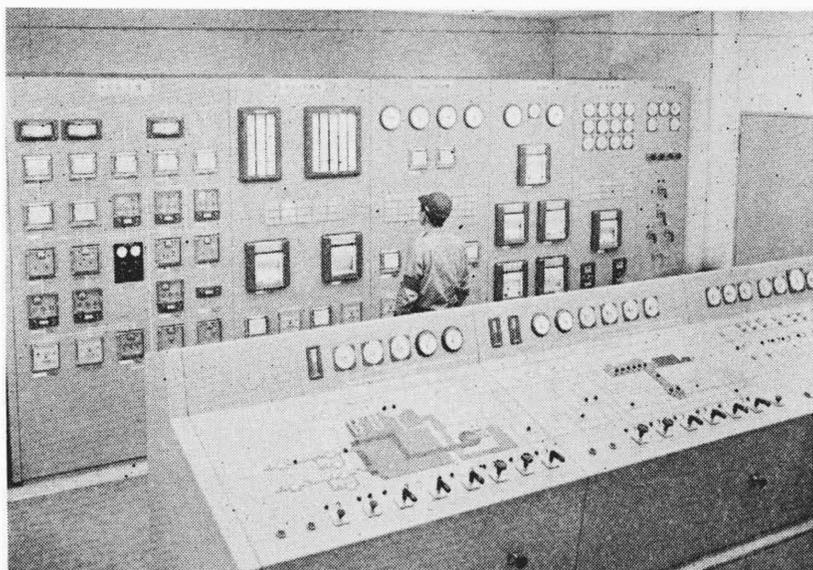
第 31 図 全電子式 ABC 系統図

ることが実証される好結果をえた。

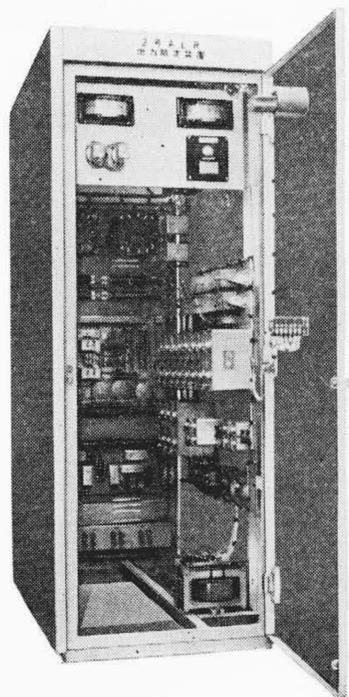
2.5.1 全電子式ボイラ自動制御装置

火力発電所の大容量化に伴い、特に強制貫流ボイラでは空気圧信号の伝達遅れをさらに短縮することが要求され、データロガー、計算制御との結合が容易な電子式制御装置採用の機運が盛り上がってきた。

日立製作所ではいち早く電子式 ABC を開発し、信越化学工業株式会社直江津火力発電所納 25,000 kW, 160 t/h, 蒸気条件 92 kg/cm², 485°C の天然ガス、分解ガス混焼のボイラ用として納入し好調に運転している。第 31 図は電子式 ABC 系統図で燃焼制御と蒸気温度制御を示している。圧力、温度、流量の検出諸量は変換器によりすべて直流 0~16 mA の電気信号とし、電子回路により PID 調節、加減演算を行ない出力 0~16 mA の電気信号で操作端を駆動する。調節計、変換器、演算器の要部はすべてトランジスタ化されている。特



第 32 図 信越化学工業株式会社直江津火力発電所納
中央制御盤



第 33 図 東北電力株式会社納 A L R 装置

長は次のとおりである。

- (1) 電子式で精度、速度度、安定度が高い。
- (2) 機械部がなくガタ、ヒステレシスがない。
- (3) 配管がないので伝送距離の制限がなく作業が容易である。
- (4) 小形で計算機、ロガーとの結合が容易である。
- (5) 電源停電時の保護装置を備え、誘導に対し特に考慮している。
- (6) 流量検出は電氣的に開平し直線信号が得られる。

第 32 図は中央制御盤の外観で、ボイラタービン発電機盤の直線配置とし、ABC 盤は電子式であるため小形計器の使用とあいまって左端の盤幅がわずかに 1,300 mm の一面にすべてまとめ、机形操作盤は図示パネルとして運転監視を容易にしている。

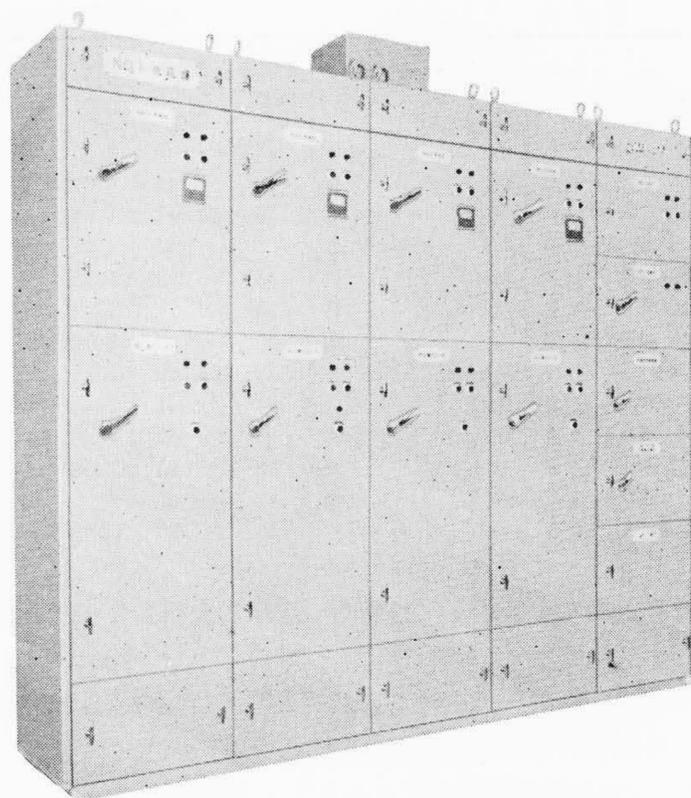
2.5.2 火力発電所の自動負荷調整装置

この装置は火力発電設備を安全、かつ合理的な限度内で系統の電力需要に応じて最も効果的にその出力制御を行なうもので、今回中国電力株式会社水島火力発電所 2 号機 (156,250 kW) および東北電力株式会社新瀉火力発電所 2 号機 (125,000 kW) 用として 2 台を製作納入した。

本装置のおもなる機能は次のとおりである。

- (1) 発電機出力の長時間プログラム制御ができる。
- (2) 任意設定出力にて定値制御ができる。
- (3) 不感帯は任意に連続可変で不感帯範囲内では、ガバナフリー運転ができる。

また本装置ではプログラム信号発生部に磁気増幅器式演算器、電



第 34 図 5 段積 (扉平形) コントロールセンタ

力検出部に TQS 式トランジスタテレメータ、また増幅部にはトランジスタ式増幅器および磁気増幅器を使用しており、装置の主要部に発信スライドなどの摺動部や真空管を使用せず装置の堅固、長寿命化を図っている。

なお特に起動時におけるプログラム運転の際に系統周波数変動による外乱の影響を抑えるため、負荷制限器運転に切替制御することも可能な方式としている。

第 33 図に本装置を納めたキュービクルの外観を示す。

2.5.3 火力発電用コントロールセンタ

火力発電所の膨大な補機用電動機の制御装置をユニット化し 4 段、または 5 段に積み重ねたコントロールセンタは保守、点検の容易、床面積、ケーブルの節約など多くの利点を有しているためますます多く納入された。

37 年度新製品として 5 段積扉平形プラグ式および端子台式、4 段積両面形コントロールセンタを製作した。両面形のものには特に床面積が小である。扉平形は扉面に電流計およびスイッチ類を取り付けることができ一段と利用範囲が広がった。

37 年度完成および製作中のものとして東京電力株式会社川崎火力発電所をはじめ約 500 面の火力発電所用コントロールセンタがある。第 34 図は 5 段積 (扉平形) のコントロールセンタを示す。

2.5.4 東京電力株式会社横浜火力発電所納相分離形密閉母線

最近の火力発電所では発電機単機容量の大容量化に伴い、その運転脱落は系統に及ぼす影響が大きいため、主回路の母線装置として相間短絡の絶無、遮へい効果による耐電流強度の増大、そのほか保守の容易、据付けの簡便などの利点をもつ相分離形密閉母線が採用されている。また単機容量の増大は 10 kA を越える大電流のものを要し、このような大電流母線は強制冷却方式として小形化を図るのが経済設計として適切である。

東京電力株式会社横浜火力発電所へ納入したものは定格電圧 12 kV、定格電流 11 kA で母線冷却方式として全密閉循環強制通風方式を採用した。すなわち密閉母線の金属外被自身をエアダクトとして使用し、発電機接続部側の中相より冷却空気を送り変圧器端部において両端相に吹き分け、各相母線を冷却する方式である。密閉された金属外被およびエアダクト内を循環した空気は水冷式の熱交換器を経て冷却され、再び密閉母線内に送風機で送られ、その温度上昇限度を一定値内に保たせてある。外被の表面にはサーモスタッ

第10表 火力補機用メタルクラッド配電盤

納入先	発電所名	メタルクラッド配電盤台数		備考
		高圧補機用	低圧補機用	
東北電力株式会社	仙 台	42	48	3号機
東京電力株式会社	横 浜	69	142	1号機および3号機
清水共同発電株式会社	新 清 水	35	51	1号機および2号機
九州電力株式会社	新 小 倉	—	84	2号機
北海道電力株式会社	新 江 別	43	93	1号機
東京電力株式会社	川 崎	36	71	4号機
東北電力株式会社	新 潟	49	77	1号機および2号機
イ ン ド	ネ ロ ー ル	20	40	輸 出 用
中国電力株式会社	水 島	26	41	2号機
東京電力株式会社	五 井	28	59	2号機
昭和電工株式会社	市 原	28	93	1号機および2号機
関西電力株式会社	春 日 出	17	36	2号機
イ ン ド	ハルドアガンジー	17	43	輸 出 用

ト（温度継電器）を装備し、自動的に送風機を起動停止する運転方式を採用している。

なお立地条件の関係で、特殊ガスの影響が強いため外被表面に耐ガス性の特殊塗料を施してある。

2.5.5 火力発電所補機用メタルクラッド配電盤

信頼性と安全性、保守、点検の容易などの特長をもつメタルクラッド配電盤は火力補機制御装置に欠くことのできない設備となっている。

第10表は37年度に製作した火力補機用メタルクラッド配電盤を示す。

高圧補機用メタルクラッド配電盤は補機電動機の絶縁抵抗測定装置および絶縁抵抗低下を防止する低圧電流乾燥切替装置、またはヒータ乾燥装置を備えている。またこの操作にあたって危険のないよう機械的連動装置、インターロックが完備している。

第36, 37図は東京電力株式会社横浜火力発電所へ納入した高圧および低圧補機用メタルクラッド配電盤の外観を示す。

2.5.6 昭和電工株式会社市原火力発電所納15kVキュービクル

昭和電工株式会社市原火力発電所の75MW発電機主回路、所内回路およびアルミ製練工場送電用開閉装置として15kV屋外キュービクル2セットが完成した。引き続き3, 4号機用として2セットを製作中である。

このキュービクルは大容量火力発電機主回路用であるため回路の短絡容量が大きく、15kV, 4,500A, 遮断容量2,000MVAの大容量空気遮断器を収納し、断路器、変流器、母線なども80kAの耐電流強度を有する記録品である。

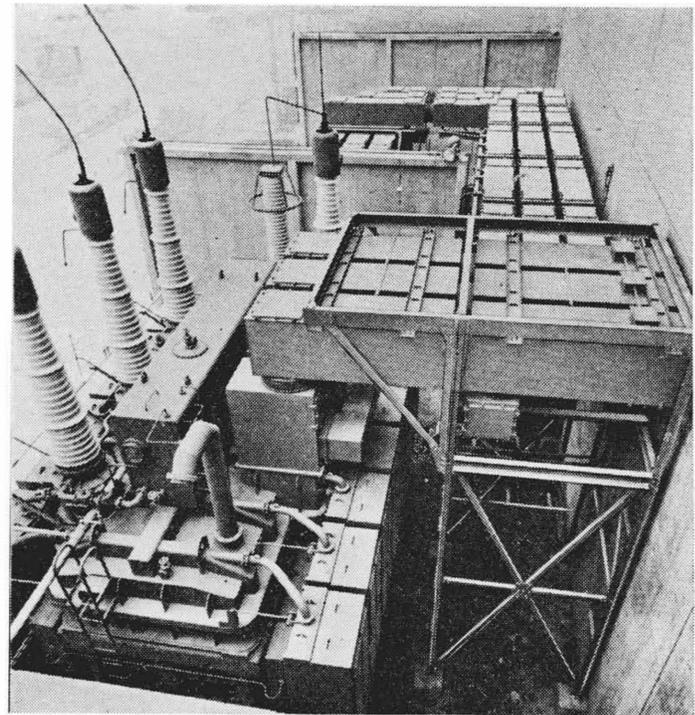
大容量空気遮断器の開閉時に生ずる排気を有効に逃がす特殊構造とし、主回路母線にはチャンネル成形銅を使用して温度上昇を抑制し、十分な耐電流強度をもたせてある。

なお本キュービクルは海岸埋立地に据え付けられ、潮風にさらされるので耐塩害処理が施されている。

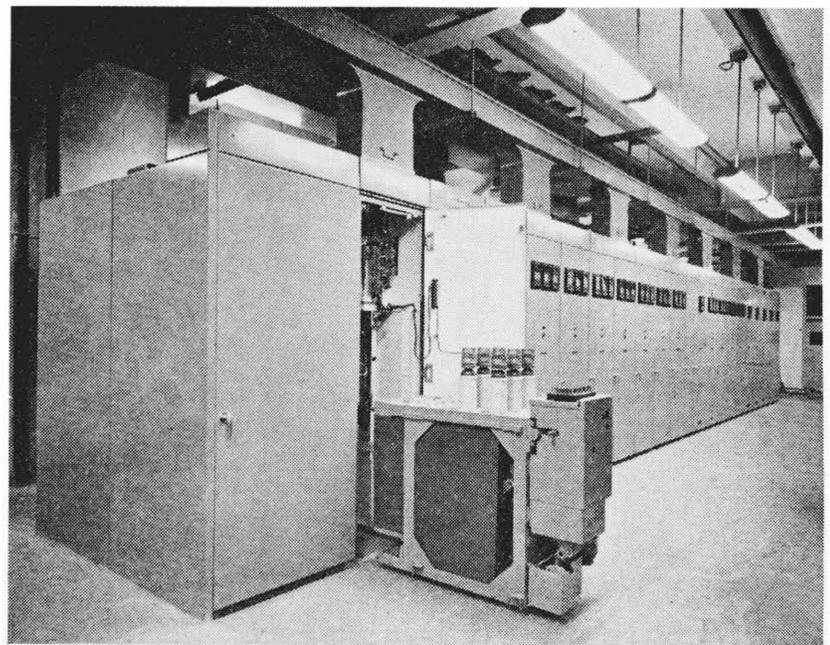
2.5.7 タービン監視用計器

タービン監視用計器としては、カム軸位置、回転計、伸び差計、偏心計、振動計が使用されているが、最近のタービン大出力化に伴って、さらに高精度の測定が要求されるようになり、偏心計は、目盛幅0.4mm P-P、振動計は目盛幅100 μ P-Pと、それぞれ従来の2倍、および3倍の高感度のものが開発された。

特に振動計は、非常に微細な振動も検出することが可能となり、従来不明であったタービン起動時の振動変化も検出可能で、タービン監視用計器としてはもちろん、タービン動特性研究用としても有効なものと考えられる。検出器は軸受振動検出器のほかに軸の振動そのものを受信する軸振動検出器も開発された。

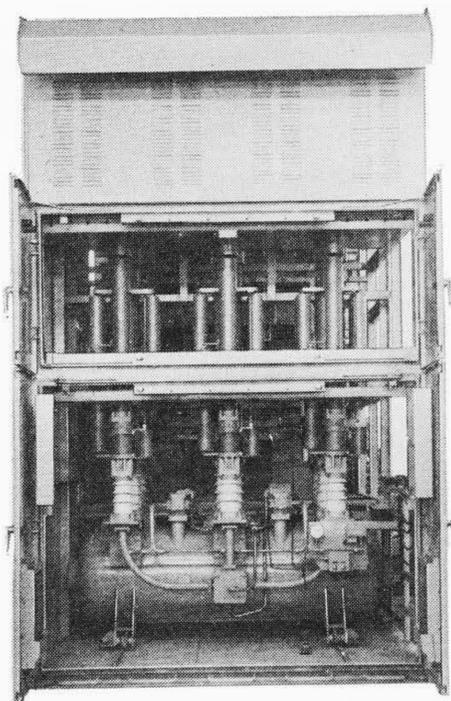


第35図 屋外設置相分離形密閉母線

第36図 東京電力株式会社横浜火力発電所納
4.16kV高圧補機用メタルクラッド配電盤第37図 東京電力株式会社横浜火力発電所納 240V,
480V低圧補機用メタルクラッド配電盤

2.6 ディーゼル発電機

ここ数年来、一般産業施設の合理化、近代化に伴い電力供給の中断による生産の阻害、サービスの低下などの影響力が大きくなり、非常用として簡易に電力が得られるディーゼル交流発電機が必要不可欠な設備となってきた。需要は今後ますます増加するものと考え



第 38 図 昭和電工株式会社市原火力発電所納
特高キュービクル

られる。

日立製作所では、某ディーゼルメーカーと協同でディーゼル発電機の標準化を推進し、短納期で納入できるよう態勢を強化しつつある。37年度納入品としては韓国電力局納 1,875 kVA 4 台をはじめ第 11 表のように多数の発電機を納入した。

励磁方式は性能上より電圧変動率を小さくするため、ほとんどすべて自励式が採用されている。構造上ではスキンストレスの適用範囲を拡大し重量の軽減を図った。またディーゼルの高速化により単

第 11 表 ディーゼル交流発電機主要納入先

		ビル	工場	ポンプ	輸出	建設	その他	計
定置式	容量 (kVA)	4,105	3,775	1,445	7,800	130	500	17,755
	台数 (台)	15	9	11	6	1	1	43
可搬式	容量 (kVA)	580	535	350	212.5	180	175	2,032.5
	台数 (台)	8	7	5	3	3	2	28

位出力当たりの重量は小さいとなりつつある。現在製作中の高速大容量のものでは、1,250 kVA, 750 rpm がある。

2.6.1 船用ディーゼル交流発電機

最近の船舶用ディーゼル交流発電機は、すべて自励式交流発電機が採用されている。

37年度も巡航見本市船用 500 kVA 4 台をはじめドレジャ用など、延べ 13,620 kVA 40 台の自励式ディーゼル交流発電機が完成され、国内船および外国輸出船に積載されて各地で好調に活躍している。

輸出船としては、USSR 納貨物船 2 隻分として、400 kVA 交流発電機 6 台を納めた。本機はソ連向け輸出品として注目に値する。第 39 図に外観を示す。

2.6.2 韓国納 1,875 kVA ディーゼル交流発電機

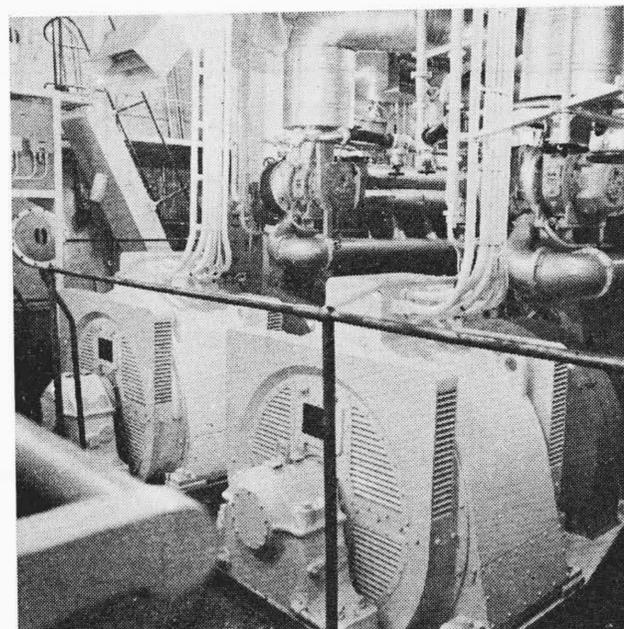
本発電機 4 台は韓国電力局の冬期の電源確保のための電力用発電機で、はげしい国際入札に勝ち受注したもので 6 ヶ月の短期間で製作し、予期以上の好成績で納入した。

本機は三相 60 c/s, 3,300 V で構造上特にスキンストレス方式を採用し重量を軽減している。電圧調整器には RTA 形電動操作式を採用した。

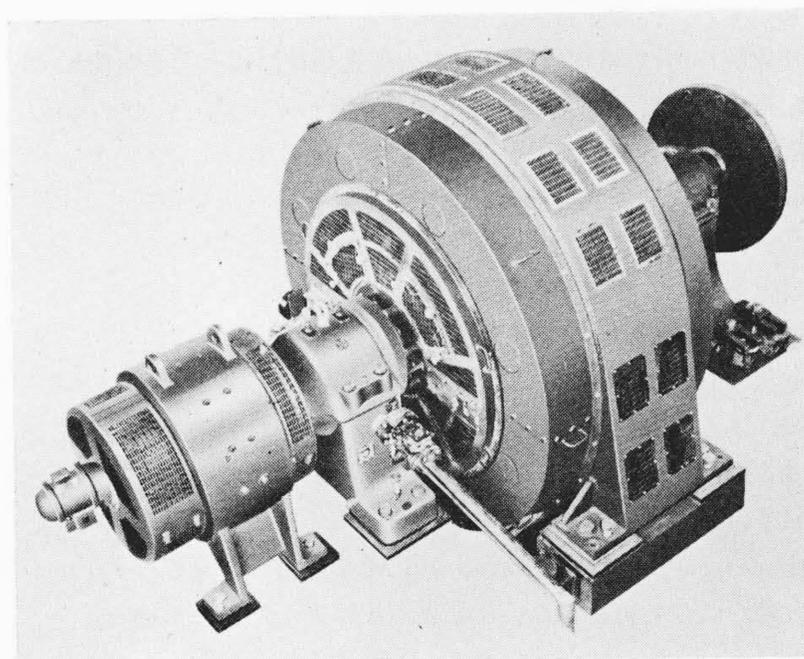
2.7 電気集じん装置

2.7.1 水力発電用集じん装置

37年度新設の火力発電設備はその 30% 前後が重油専焼ボイラで



第 39 図 ソ連向け 12,500 t 形貨物船用 400 kVA
自励式ディーゼル交流発電機



第 40 図 韓国電力局納 1,875 kVA ディーゼル交流発電機

ほかには微粉炭専焼、または混焼ボイラであった。その煙害対策は後者に対してはおおの所定の集じん設備が設置されているが、前者に対しては、その排煙による大気汚染の弊害が論議されてはいるが、いまだ一般的な標準除じん設備が確立されておらず、各発電所ごとの立地条件により種々な形式が採用されている。

微粉炭ボイラの煙じんはそのボイラ使用炭の品質成分、ミルの構造、炭の微粉度ならびに炉内の燃焼状況によって、その粒度、化学成分が大幅に変わり、集じん設備の形式、大きさが異なるが、一般的にはフライアッシュ回収設備も兼ねて、機械的除じん設備(MC)と電気集じん器(EP)との組み合わせにより構成される。

37年度日立製作所はこの種MC-EP形集じん装置として東京電力株式会社川崎火力発電所第2号かん用集じん装置をはじめ第12表に示すように多数の火力発電用集じん装置を納入し、実働運転に入り、煙害防止とともにフライアッシュの生産装置として活躍している。第41図は東京電力株式会社川崎火力発電所納2号かん用MC-EP形集じん装置で煙害防止を主目的としたものである。

また第42図は北海道電力株式会社滝川火力発電所納3号かん用MC-EP形集じん装置でフライアッシュ回収を主目的としたものである。

一方重油専焼ボイラの排煙はその排ガス中の未燃物とSO₃による、いわゆるスノーフェームの降灰とガス中のSO₂、SO₃による公害が考えられる。すなわち大気中に放出されたSO₂ガスは浮遊煤じん中の酸化鉄、バナジウムなどの触媒作用によってSO₃に変化し、大気中のH₂Oと反応して亜硫酸、または硫酸が生成されて、大気汚

第 12 表 37 年度運転開始の新鋭大形火力発電用
日立集じん装置一覧表

納入先	発電所名	集じん器形式	処理 ガス量 (km^3/h)	計集 じん率 (%)	用途
東京電力株式会社	川崎 #2	MC-EP	813	96.2	煙害防止
東京電力株式会社	横須賀 #2	MC-EP	1,240	96	煙害防止
北海道電力株式会社	滝川 #3	MC-EP	382	96.5	フライアッシュ回収
北海道電力株式会社	新江別 #1	MC-EP	612	97	フライアッシュ回収
東北電力株式会社	仙台 #3	MC-EP	842	97	フライアッシュ回収
九州電力株式会社	新小倉 #1	VZ-MC-EP	867	98	フライアッシュ回収

染源となる。また排煙の含じん量は通常 $0.12\sim 0.13\text{ g/Nm}^3$ であって、炉内および AH ストブロー時でも $0.16\sim 0.17\text{ g/Nm}^3$ で煙色としては公害の対称にならないが、前記のスノーフェームの降灰と SO_2 , SO_3 による大気汚染の問題は今後使用される重油の品質、燃焼状況によっては問題となるおそれがある。

スノーフェームは第 43 図に示すように 1μ 以下の微細な煙霧の凝集されたもので、 SO_3 に換算して 30% 前後を含むきわめて腐食性の強いもので、降下後公害を及ぼす。

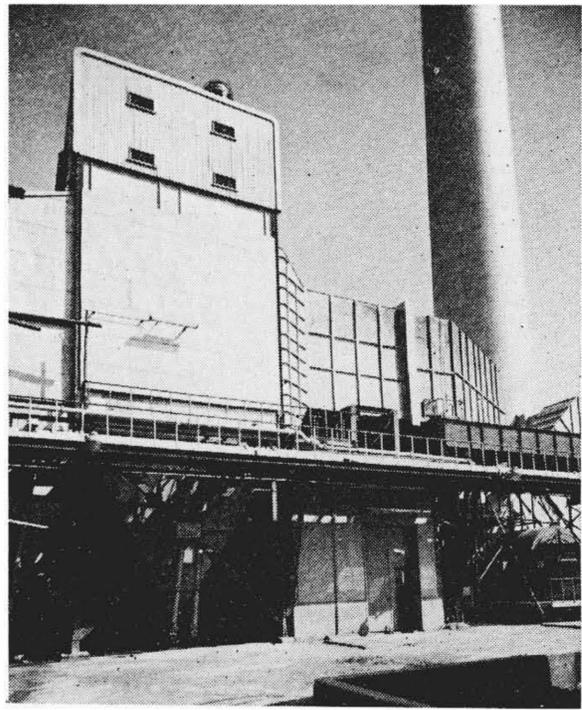
日立製作所は 36 年度に東京電力株式会社品川火力発電所に MC-EP 形集じん装置を重油専焼ボイラの除じん設備として使用し、その効果が立証されたが、さらに除じん設備の小形化を図るために 37 年度は中国電力株式会社の好意により、水島火力発電所 2 号用として、重油専焼ボイラ用集じん装置の試作研究を開始した。今後これらの実績により標準形の除じん設備を確立する予定である。

2.7.2 電気集じん装置用つち打制御装置

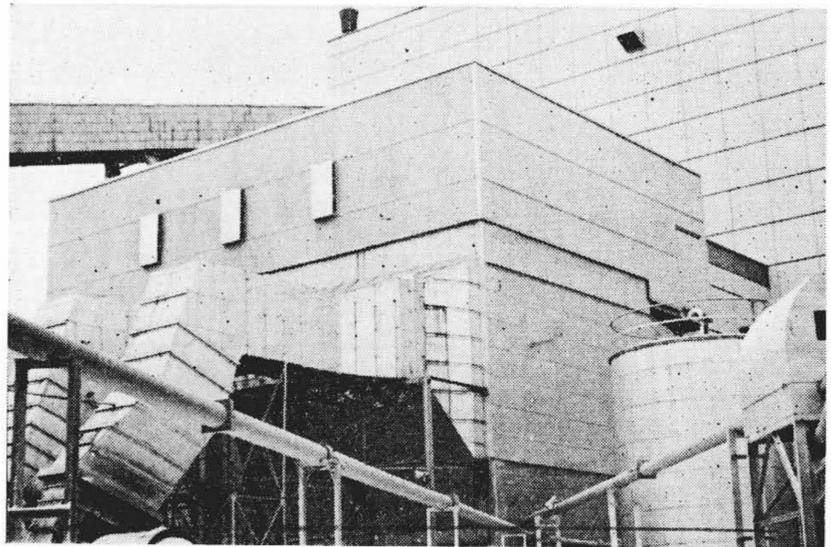
電気集じん装置用つち打制御装置には電動機による機械的方式と電磁石による電氣的つち打方式がある前者は一定のつち打力とし、後者は 3 kg/cm^2 より 6 kg/cm^2 までつち打力の調整ができる。いずれも順序自動つち打方式をとっている。

機械的ハンマーは 0.4 kW 3ϕ IM を使用し各室各セクション順に自動的につち打を行ない運転表示故障表示付としている。

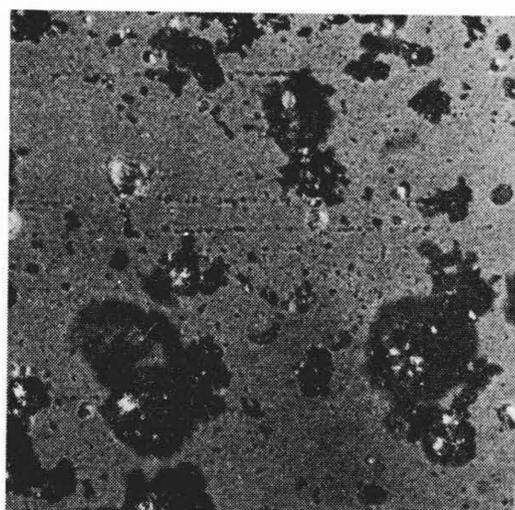
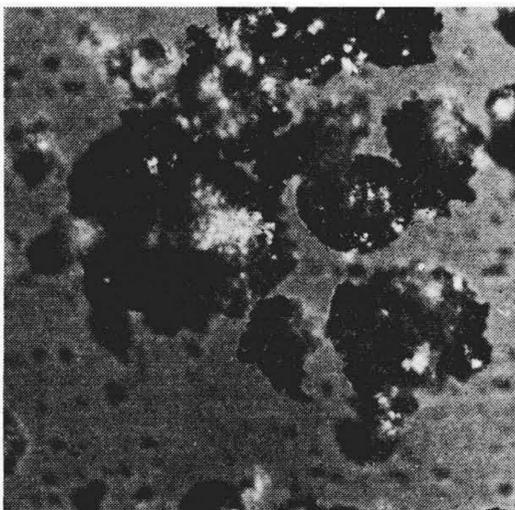
電氣的ハンマーは直流マグネットによってつち打する方式で電圧の調整により 3 kg/cm^2 から 6 kg/cm^2 まで調整可能であり運転表示付としている。直流電源設備としてはセレン整流方式を採用、接触器は主接触器と各マグネット用とを設け電流遮断を主接触器のみで行ない接触器の保守を考慮している。いずれも FFB 電磁接触器過電流継電器付で FFB 遮断容量は 440 V 15 kA 以上である。37 年度納入したもので電氣的ハンマーを採用したものは、東京電力株式会社川崎火力発電所 4 号機、機械的ハンマーでは北海道電力株式会社新江別火力発電所などがある。



第 41 図 東京電力株式会社川崎火力発電所納
2 号かん用 MC-EP 形集じん装置



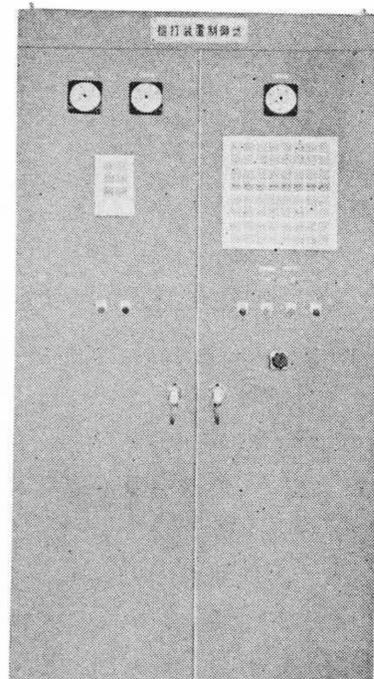
第 42 図 北海道電力株式会社滝川火力発電所納
3 号かん用フライアッシュ回収用集じん装置



(A) MC 捕集ダスト

(B) EP 捕集ダスト

第 43 図 重油専焼ボイラダストの光学顕微鏡写真 ($\times 200$)



第 44 図 東京電力株式会社川崎火力発電所
納 4 号機用つち打装置制御盤