

最近の輸出用火力プラント

Recent Thermal Power Plants for Export

阿 部 功* 斎 藤 清*
Isao Abe Kiyoshi Saitô
松 島 彦 二* 今 野 泰 宏*
Hikoji Matsushima Yasuhiro Konno

要 旨

輸出用火力発電設備は日立製作所独自の設計製作技術の開発研究および輸出拡大への絶ゆまぬ努力の結果、年々受注量が増加し、単機容量も著しく増大しつつある。最近 シンガポール・PASIR PANJANG “B” 発電所納 60,000 kW 1, 2 号機, インド・NELLORE 発電所および HARDUAGANJ 発電所納 30,000 kW 3 号機 フィリピン・TEGEN 発電所納 100,000 kW 1 号機が次々と営業運転にはいるとともに、シンガポール・60,000 kW, 3, 4 号機, TEGEN 納 2 号機 100,000 kW, インド・KOTHAGUDEM 発電所納 60,000 kW 1 号機~4 号機, 南アフリカ共和国・ATHLONE 発電所納 30,000 kW 6 号機などが現地にて据付中である。本稿では、今後ますます輸出振興が叫ばれているおりからこれら輸出用火力発電設備の特長および概要を紹介するものである。

1. 緒 言

世界経済の発展とともに火力発電設備の輸出においても国際競争が激化しつつあり、輸出の拡大にあたっては非常な努力が必要である。また輸出用火力発電設備においては国内とは異なった各国の特殊な事情があり、その国情に合うよう細部にわたって慎重に考慮し設計製作しなければならない。そのおもな点は次のとおりである。

(1) 気 候 風 土

高温多湿その他気候の変化の激しい地域が多く、これらの地域に対しては発電機の冷却設備、復水器、油冷却器などの設計に高温時にも十分その能力を発揮できるよう考慮すること。

(2) 規格および取締法規

各設備の性能や特性に対する規格やわが国のボイラ技術基準に相当する機器の設計、強度計算に対する規格が各国に規定されて

いるので、これらの規格に準拠して設計製作すること。

その他冷却水水质および水量、燃料、電力系統などの立地条件、運転保守などに対する十分な考慮が必要である。

日立製作所では、東北電力株式会社新潟火力発電所納 250,000 kW、東京電力株式会社五井火力発電所納 265,000 kW などの大容量火力プラントの設計製作の経験を生かし、さらに単車室単流形タービンの採用など独自の技術開発により国際競争力を着実に伸ばし、火力発電設備の輸出実績も年々増大している。以下に最近の火力プラントの輸出状況を示すとともに、各機器の計画概要および特長について述べる。

2. 日立の輸出実績

1960 年以降の火力発電設備の輸出実績を表 1 に示す。輸出先は東南アジアが多いが遠く南アフリカ共和国、アルゼンチンなど世界各

表 1 輸 出 火 力 プ ラ ン ト 一 覧 表 (1960 年 以 降)

納 入 先	発 電 所 名	台数	運転開始 年 度	タービン 出 力 (kW)	タービン 形 式	主蒸気圧力 (kg/cm ² g)	主蒸気温度 (℃)	復水器真空 (mmHg)	回 転 数 (rpm)	コンサルタント	備 考
Madhya Pradesh Electricity Board イ ン ド	KORBA	1	1963	10,000	復水式	28.1	399	694.7	3,000	—	
Agua Y. Energia Electrica アルゼンチン	BARRANQUERAS	3	1967	10,000	復水式	40	435	722	3,000	—	
Government of Andhra Pradesh イ ン ド	NELLORE	1	1965	30,000	復水式	59.8	482	705.4	3,000	—	
Uttor Pradesh State Electricity Board イ ン ド	HARDUAGANJ	1	1964	30,000	復水式	59.8	482	702.8	3,000	—	
Korea Electric Co., 韓 国	SAMCHOK	1	1963	33,000	復水式	59.8	482	722	3,600	日 立	
Singapore Public Utilities Board シンガポール	PASIR PANJANG “ B ”	4	1965/ 1966	60,000	復水式	87.9	510	692.9	3,000	Merz and Mclellan (イギリス)	
Government of Andhra Pradesh イ ン ド	KOTHAGUDEM	4	1966/ 1967	60,000	復水式	87.9	510	696.5	3,000	Ewbank and Partners (イギリス)	
Manila Electric Co., フィリピン	TEGEN	2	1965/ 1966	100,000	再 熱 復水式	126.5	538/538	709.2	3,600	Gilbert Associates (アメリカ)	
City of Cape Town 南アフリカ共和国	ATHLONE	1	1967	30,000	復水式	42.2	482	699	3,000	Merz and Mclellan (イギリス)	
Cukurova Elektrik A.S. トルコ	MERSIN	2	1967	25,000	復水式	59.8	482	722	3,000	Burns & Roe, Inc. (アメリカ)	給水加熱 設備のみ
Ministry of Works ニュージーランド	MARSDEN POINT	2	1968	120,000	復水式	102.7	538	709.2	3,000	Bechtel Corporation (アメリカ)	プラント 補機のみ

* 日立製作所日立工場

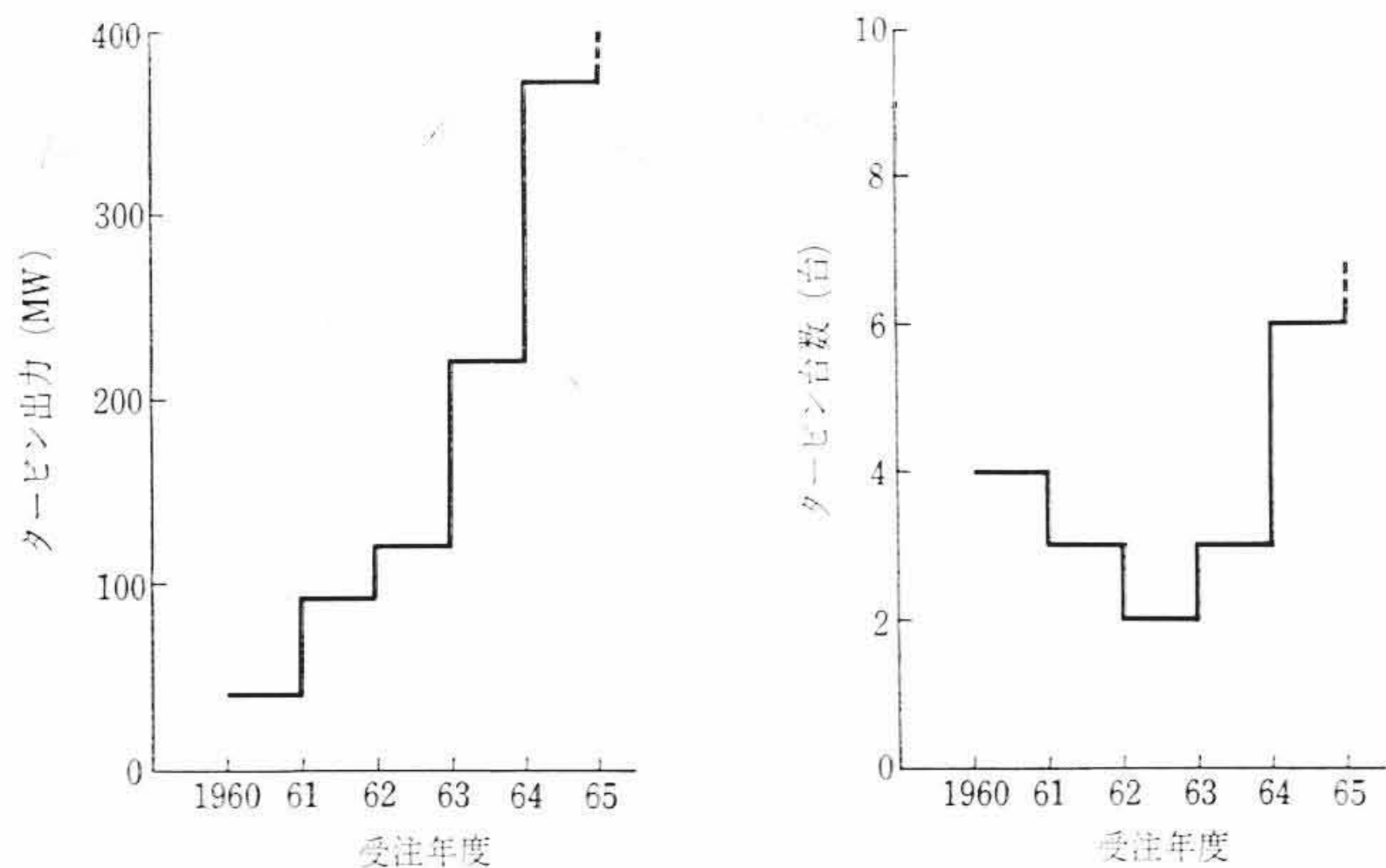


図1 輸出火力プラント受注実績

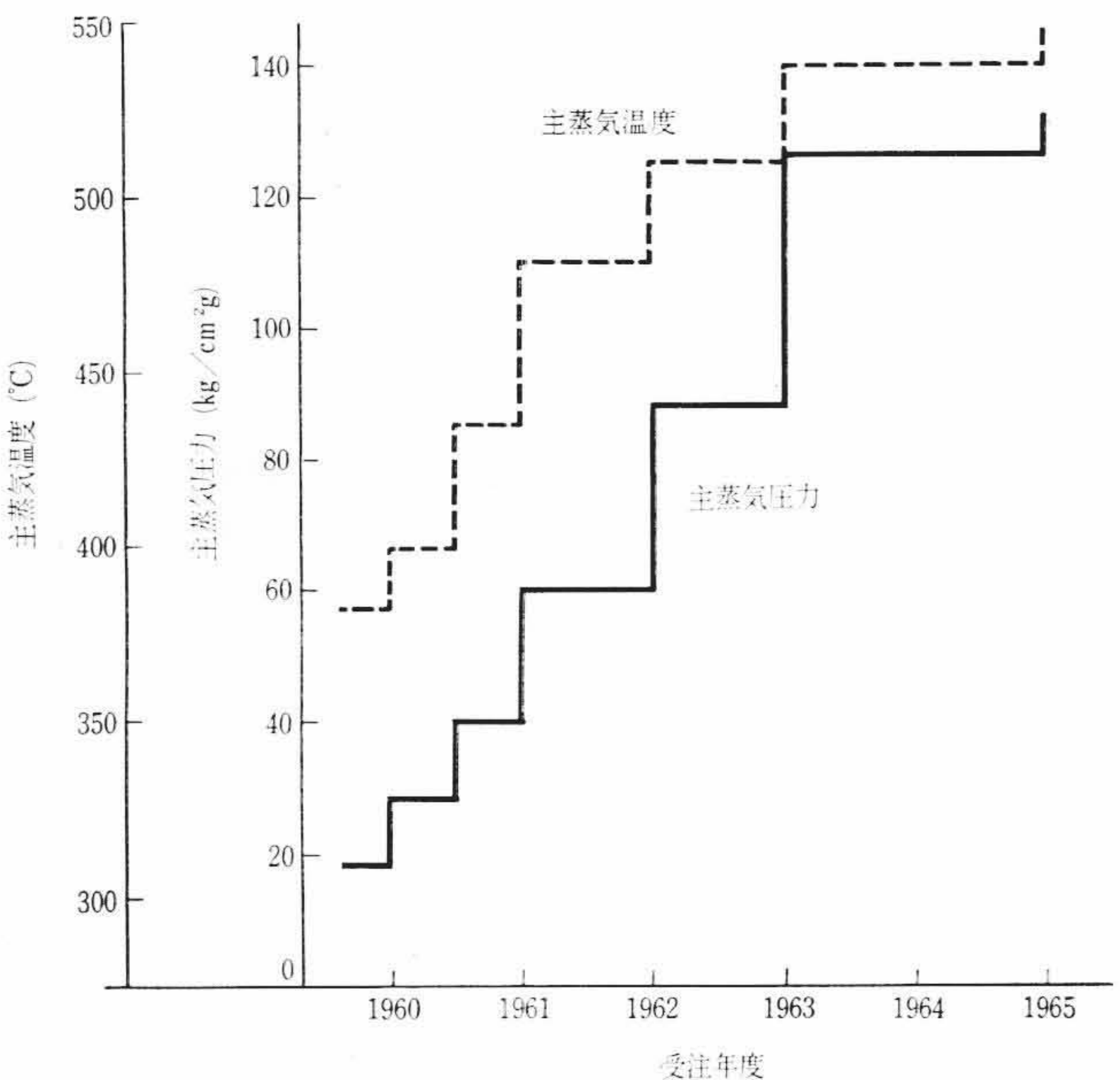


図2 輸出火力プラント主蒸気条件の変遷

地にわたっている。また国際入札の場合、顧客の技術援助者としてコンサルタント会社がある例が多く、とくに顧客にかわって必要な技術審査を行なっている。表1にはコンサルタント名も示してある。たとえばシンガポール・PASIR PANJANG “B” 発電所納 60,000 kW プラントはイギリス・MERZ AND McLELLAN；フィリピン・TEGEN 発電所納 100,000 kW プラントはアメリカ・GILBERT の技術審査を受け欧米各社との技術競争に打ち勝って受注に成功している。これらは国内において多数の大容量火力発電設備の製作実績をあげている日立製作所の技術がひろく国際市場においても認められたものといえる。一方、韓国・SAMCHOK 発電所は日立製作所がコンサルタントとして土木工事、建屋を含む全設備をまとめたもので今後の輸出火力プラントのありかたとして注目される。

受注年度別のタービン出力およびタービン台数を示すと図1のようになり、年々出力、台数とも着実に増加していることがわかる。またわが国のメーカーが受注した海外の火力発電設備のうち約70％を日立製作所が占めており、これらは国産技術の成果を広く海外市場に求め重電機器の輸出拡大をめざす努力の結果を示すものである。

単機容量についてみると、国内事業用火力発電機器は450～600 MW の建設が行なわれ、海外においては500～1,000 MW 級の設計製作が進められている現在、これらと比較すると小容量ではあるが

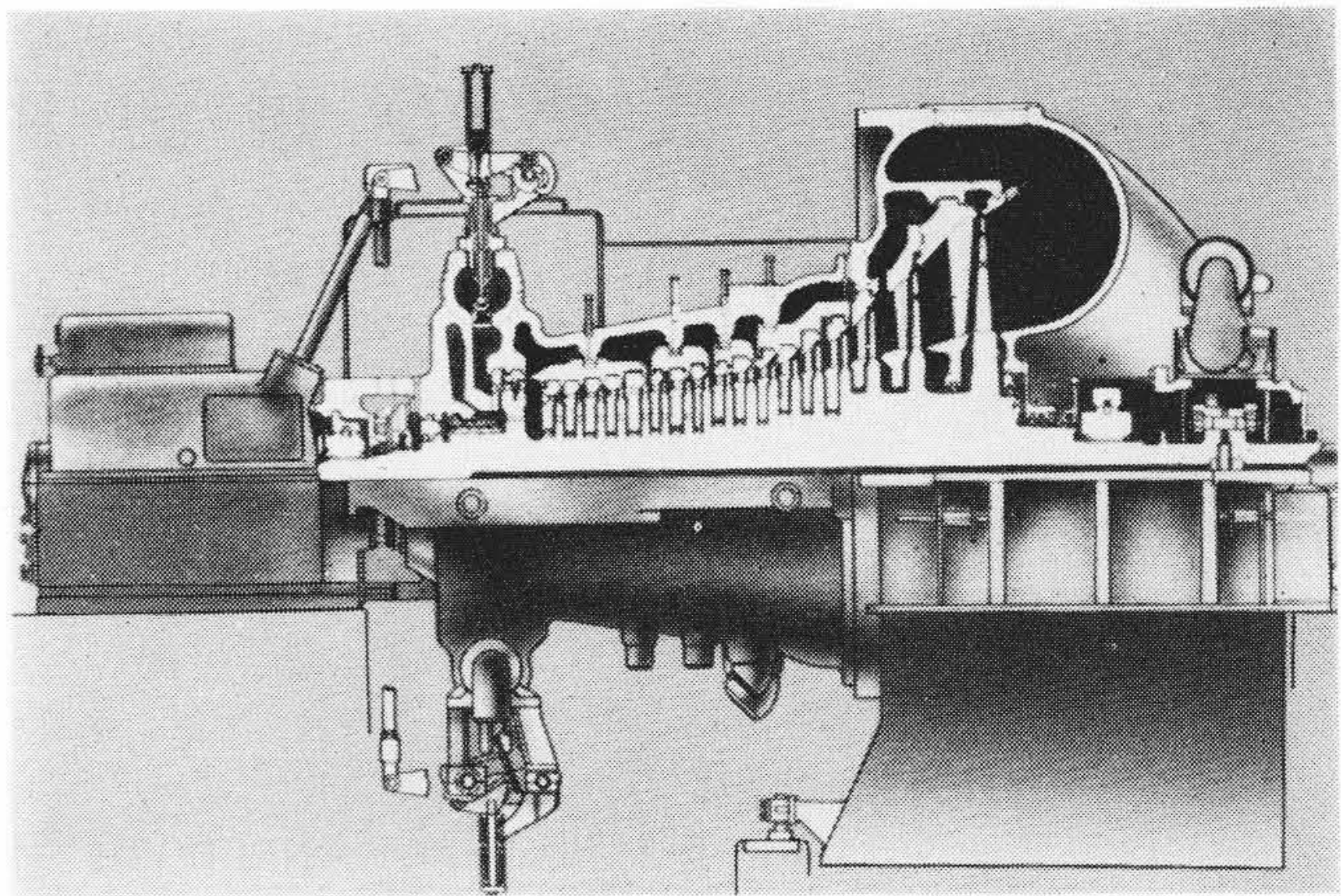


図3 60,000 kW タービン断面図

表2 60,000 kW タービン主要目

定 格 出 力	60,000 kW
主 蒸 気 圧 力	87.9 kg/cm ² g
主 蒸 気 温 度	510℃
排 気 真 空 度	702.8 mmHg (経済出力時)
回 転 数	3,000 rpm
抽 気 段 数	5
最 終 給 水 温 度	204℃ (経済出力時)
段 落 数	18

輸出火力発電機器の単機容量も最近加速度的に増大している。数年前までは10,000～30,000 kW 程度であったものが最近では150,000～350,000 kW 級のものが多くなっている。すでに輸出品としては国産初の再熱タービンプラントであるフィリピン・TEGEN 発電所納 100,000 kW 1号機が営業運転中であり、同2号機が現地にて据付中である。

単機容量の増大にしたがって蒸気条件も高圧高温化しており、この変遷は図2に示すとおりである。しかし蒸気条件はタービン出力と比例して高圧高温化するとはかぎらず、輸出先の事情を考慮し決定されねばならない。たとえば南アフリカ共和国・ATHLONE 発電所納 30,000 kW プラントはインド・NELLORE 発電所納 30,000 kW プラントなどと比較して蒸気圧力が低く、またニュージーランド・MARSDEN POINT 発電所納 120,000 kW プラントは、単機容量が大きいにもかかわらず非再熱で蒸気圧力も低い。このように比較的燃料費の安い地域では熱効率よりも設備費の低減に重点をおき蒸気条件を下げて計画するなど、国際的な需要家の要望に答えて各国の経済状況、発電所の立地条件などを考慮した火力プラントの計画を進めている。

3. タービン

現在製作中の輸出タービンの中から2例を紹介する。

3.1 シンガポール・PASIR PANJANG “B” 発電所納 60,000 kW タービン

本タービンはイギリス最大のコンサルタントである MEGZ AND McLELLAN の審査する国際入札において、欧米各国有力メーカーとの技術競争の結果受注に成功したもので、これは日立タービンの性能の良さ、優秀な設計およびそれに対応した価格が評価されたものである。タービン主要仕様を表2に、タービン断面図を図3に示す。本タービンの主要な特長を次に述べる。

3.1.1 単流排気形の採用

このタービンの最大の特長は、従来複流形を採用するのが標準であった60,000 kW 級に単流形を採用したことにある。タービン容量の増加に従って排気流量が増大するが、タービンの効率をす

表3 TCDF-20形とSC-26形の比較

項目	タービン形式	70	80	90	100%
タービン全長	TCDF-20	100			
	SC-26	80			
環帯面積	TCDF-20	100			
	SC-26	100			
タービン効率	TCDF-20	100			
	SC-26	100			

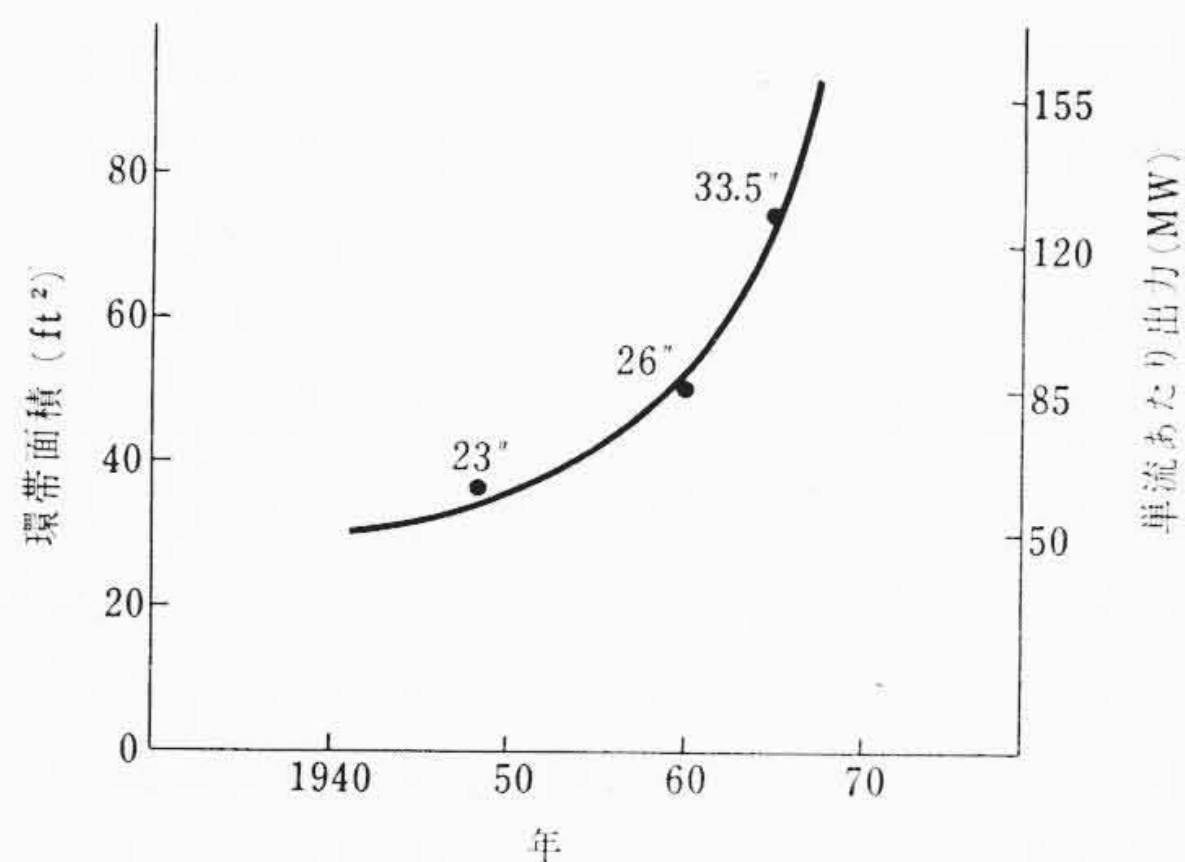


図4 長翼の開発状況

くれたものにするためには、排気流量に見合った最終翼面積（環帯面積）が必要となってくる。環帯面積を増大させるための手段として、最終段に長翼を使用する方法と、比較的短い翼で排気数を増加する方法とがある。前者は、長翼の開発という技術進歩が前提となり、後者は、重量が増加するという欠点を持つ。本タービンに採用可能な形式として、従来形である20インチ翼を使用する複流形のTCDF-20と、26インチ翼を用いる単流形SC-26が考えられる。両者の排気面積、タービン効率、タービン全長を比較すると、表3のようになり、SC-26はTCDF-20に比較して、性能は変わらず寸法(重量)が小さいタービンであることがわかる。

高性能でかつ経済的なタービンを実用化するため、日立製作所では長翼の開発に努力をかさねてきたが、開発状況と単流当りの出力を図4に示す。年とともに単流当りの可能出力が増加していることがわかる。本タービンは、流体力学、振動、強度ならびに翼列などの基礎研究をもとにして、実物大の低圧タービン試験機により実機と同じ条件で行なった各種試験により開発した高性能26インチ翼を使用し、日立製作所が60,000 kW級で初めて単流形を採用したものである。実験の一部である26インチ翼の振動実験結果を図5に示す。本翼を使用すれば、通常時50サイクルに対して顧客から要求された47サイクルの低サイクル非常運転が可能である。

3.1.2 車室

車室は、Cr-Mo鋼ならびにMo鋼よりなる高圧車室と、特殊鉄ならびに鋼板よりなる低圧車室とで構成されている。高圧車室は2重車室構造であり、センターラインサポート方式で支持されて、いかなる運転状態においても、車室とロータの中心が一致するようにしてある。低圧車室には水噴射装置が設けてあり、低出力時の排気室の異常温度上昇を防止し、26インチ翼を内蔵する大形低圧排気室の熱変形、アライメント変化などに対し、万全な防止策がとられている。

3.1.3 車軸

車軸は、Cr-Mo-V鍛鋼の一体鍛造品の削り出しによるもので、材料の非破壊試験、高温安定化試験、翼植込み後の高速ダイナミ

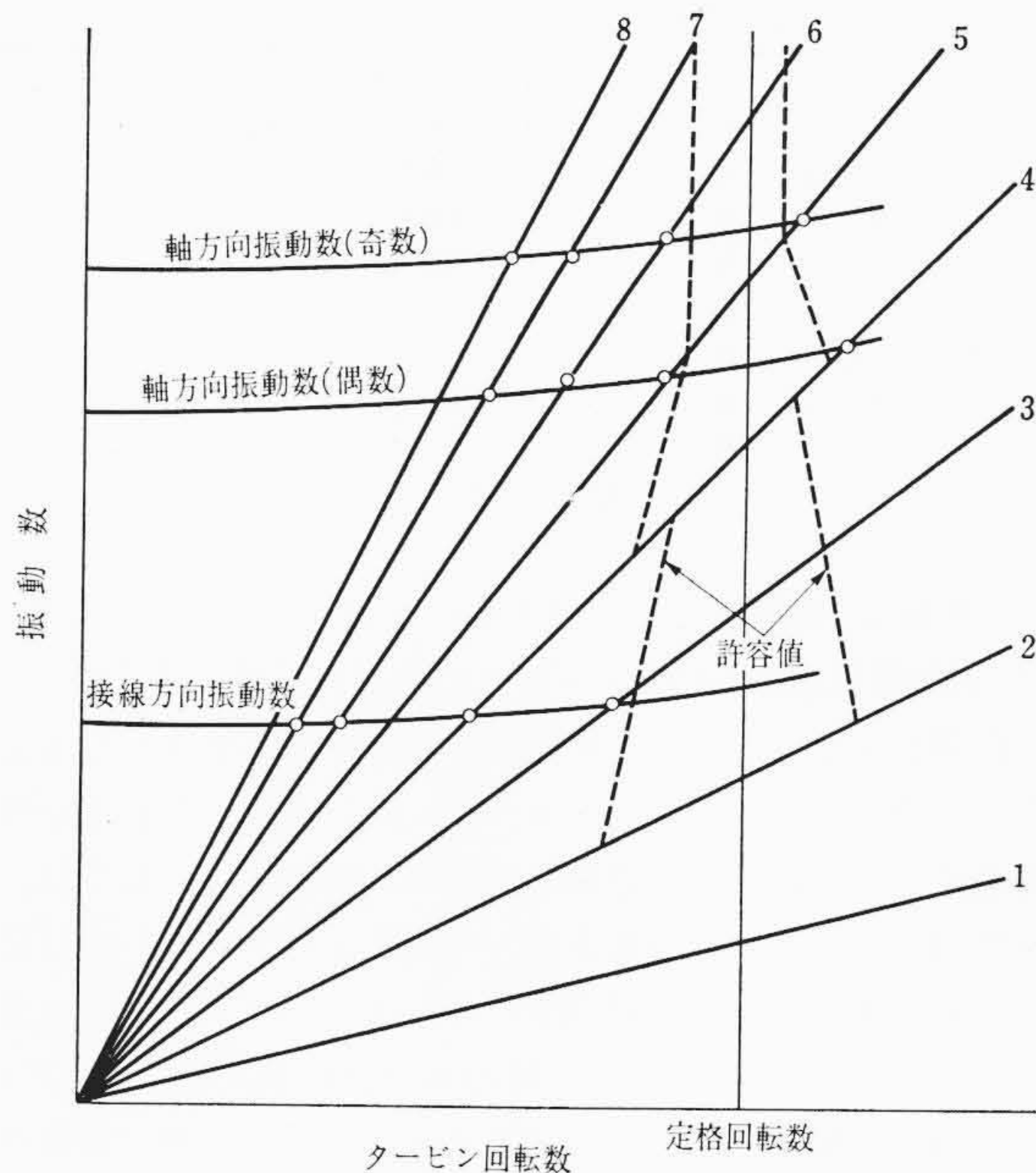


図5 26インチ翼キャンベルダイアグラム

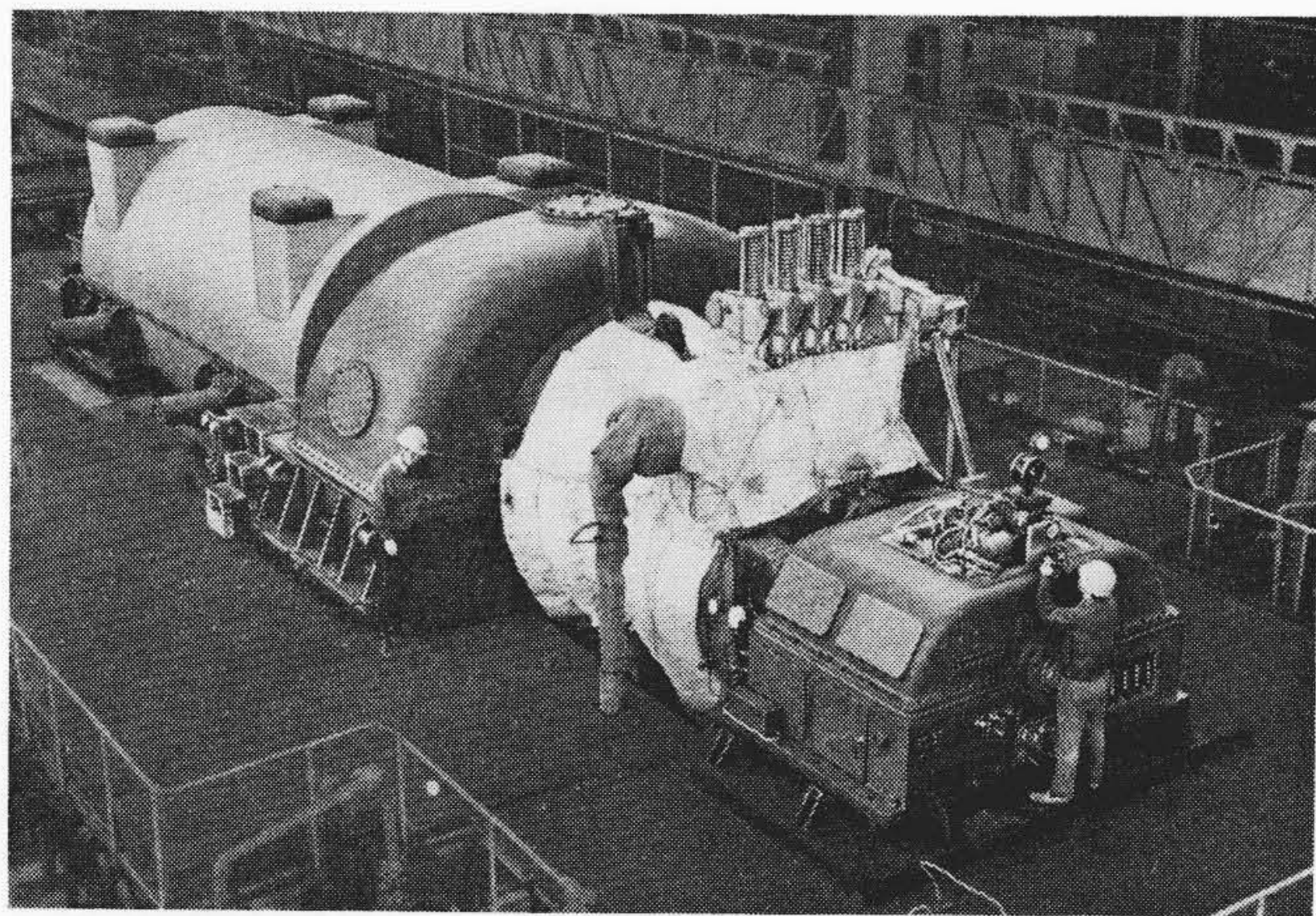


図6 60,000 kWタービン工場試験

ックバランス試験などの各種試験により、信頼性、安定性の高いロータとなっている。

3.1.4 制御装置

制御装置には、感度が良く安定性の高い油圧リレー方式を採用している。主塞止弁には、全周噴射起動装置を設けてあり、主塞止弁の子弁により、加減弁全開の状態、定格蒸気量の20%まで流しうるようにしてあり、車室、ノズルに均一な温度変化を与えるようにしてある。非常调速機は安全性を高めるため2組設けてあり、また各種の保安装置、監視装置により、運転の安全性に万全を期している。

図6はタービンの工場試験時である。

3.2 フィリピン・MANILA ELECTRIC CO., TEGEN 発電所納

100,000 kWタービン

コンサルタントはアメリカのGILBERT ASSOCIATES INC.であり、前記の60,000 kWタービンと同様に、激しい国際競争に打ち勝って受注に成功したタービンであり、輸出用として最大の記録品である。タービンの主要仕様、断面図をそれぞれ表4、図7に示す。形式としては出力が100,000 kWであり、顧客の要望もあったので、23インチ翼の複流形であるTCDF-23を採用した。

車室は、再熱タービンであるため、高圧、中圧、低圧の三部分よ

表4 100,000 kW タービン主要目

定 格 出 力	100,000 kW
主 蒸 気 圧 力	126.5 kg/cm ² g
主 蒸 気 温 度	538℃
再 熱 蒸 気 温 度	538℃
排 気 真 空 度	709.2 mm Hg
回 転 数	3,6000 rpm
抽 気 段 数	6
最 終 給 水 温 度	233.4℃
段 落 数	22

り成り、車軸も、高圧低圧を中央でボルト締めした構造としてある。主蒸気、再熱蒸気は、高中圧タービンの中央から流入するので、温度変化の影響を少なくし、特に軸受部への熱伝導が小さくなるようにしてある。中圧タービンと低圧タービンは、途中に熱膨張を吸収する伸縮継手のある連絡管で連結している。制御装置としては、再熱蒸気を制御するための再熱塞止弁、中間阻止弁があり、中間阻止弁は先行非常调速機によって制御される。また、ブローダウン弁が設けられており、タービントリップ時のロータの過速を防止している。

以上のほか、60,000 kW タービンで述べた特長を持つ機器構造が採用されており、すぐれた性能を持つタービンとなっている。

4. タービン発電機

最近輸出用タービン発電機の製作納入実績は増大の傾向を示しており、1960年以降の製作は表5に示すように合計18台に達している。うちすでに現地発送され運転中あるいは据付中のものは10台で、他はすでに営業運転に入っている。

国内電力会社用として、容量320,000 kVA、50 c/s、回転子直接水素冷却形タービン発電機あるいは300,000 kVA、60 c/s、固定子

油冷却タービン発電機のような記録的大容量機の製作実績を有する日立製作所としては、容量的には記録すべきものはないが、輸出先の国情により発電機へ要求する仕様に差があり、これらの仕様に満足するよう各機とも十分検討されたとえ設計製作されている。

以下輸出用タービン発電機の設計製作上の特長について述べる。

輸出用の場合、第一に問題になるのは適用規格である。材料関係の規格は一部を除き、日本工業規格(JIS)またはメーカー規格が適用できるが、性能規格は表5に示すようにASA規格またはBS規格が大部分で、電気学会電気規格調査会標準規格(JEC)は一部に適用されているにすぎない。特にインド、南アフリカ共和国、シンガポールなどはBS規格、60 c/s地区はASA規格が普通である。しかし、JEC規格は国際的規格であるIEC、BS、ASAをバックグラウンドに制定されたものゆえ、BSあるいはASAとほとんど同一内容であり、実際の設計上問題になる点はきわめて少ない。

次の特長として、多くの製作納入実績を持つインド向タービン発電機仕様には線路充電容量の指定がある例が多い。これはインドでは火力発電所の設置点が燃料輸送の関係から一般に電力需要地から遠くはなれており、水力発電所のように電力は長距離送電線により送電されるためである。線路充電時には零力率進み電流が流れるため発電機は自己励磁現象を起こし励磁電流が非常に減少する。この場合鉄心端部漏えい磁束増大による鉄心端部過熱、または定態安定度の低下などの問題を生ずるため、線路充電容量は発電機定格容量より相当小さくなっている。線路充電容量は発電機の短絡比が大きいほど大きくすることができ、この関係は概略図8に示すとおりで

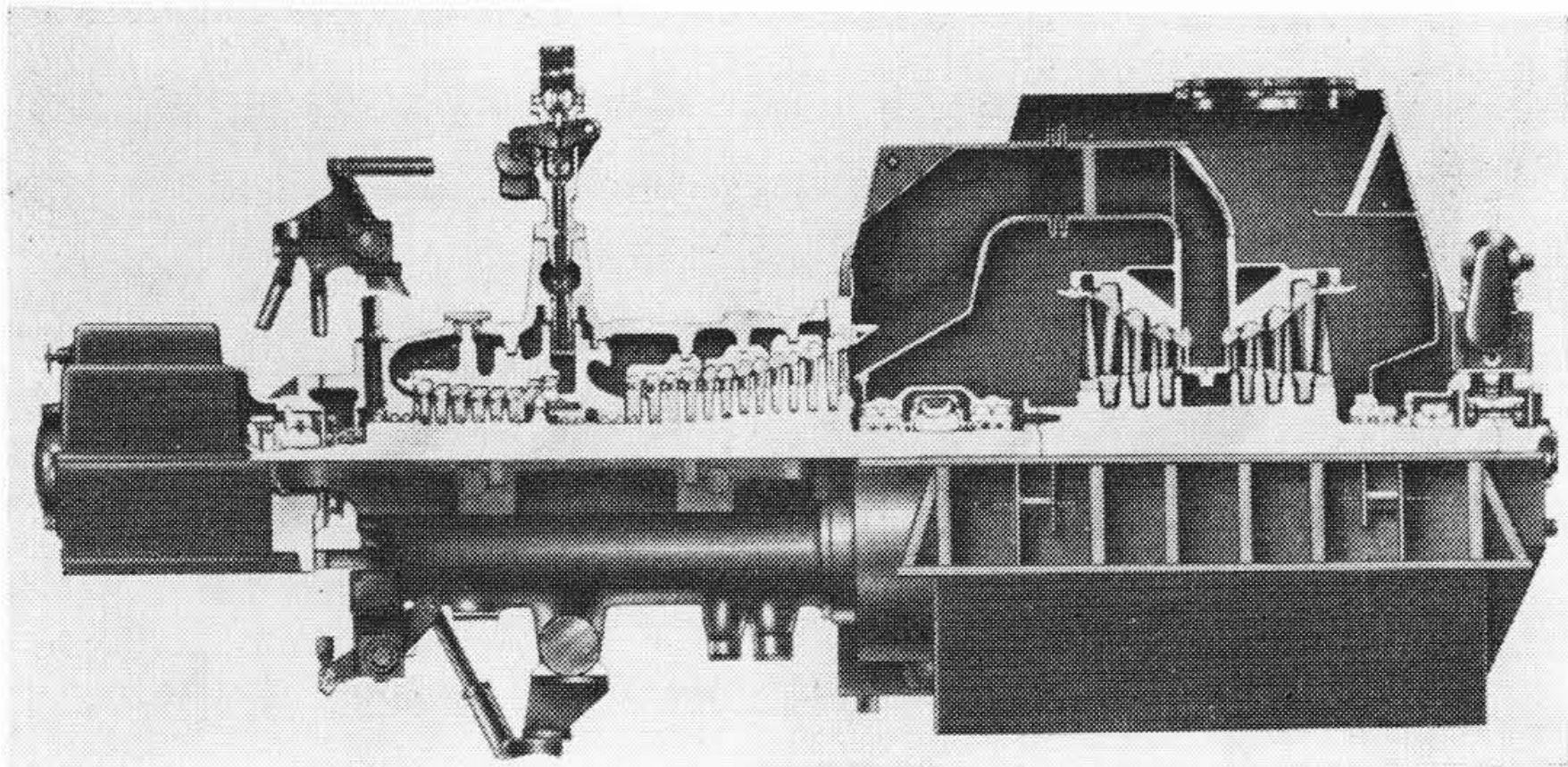


図7 10,000 kW タービン断面図

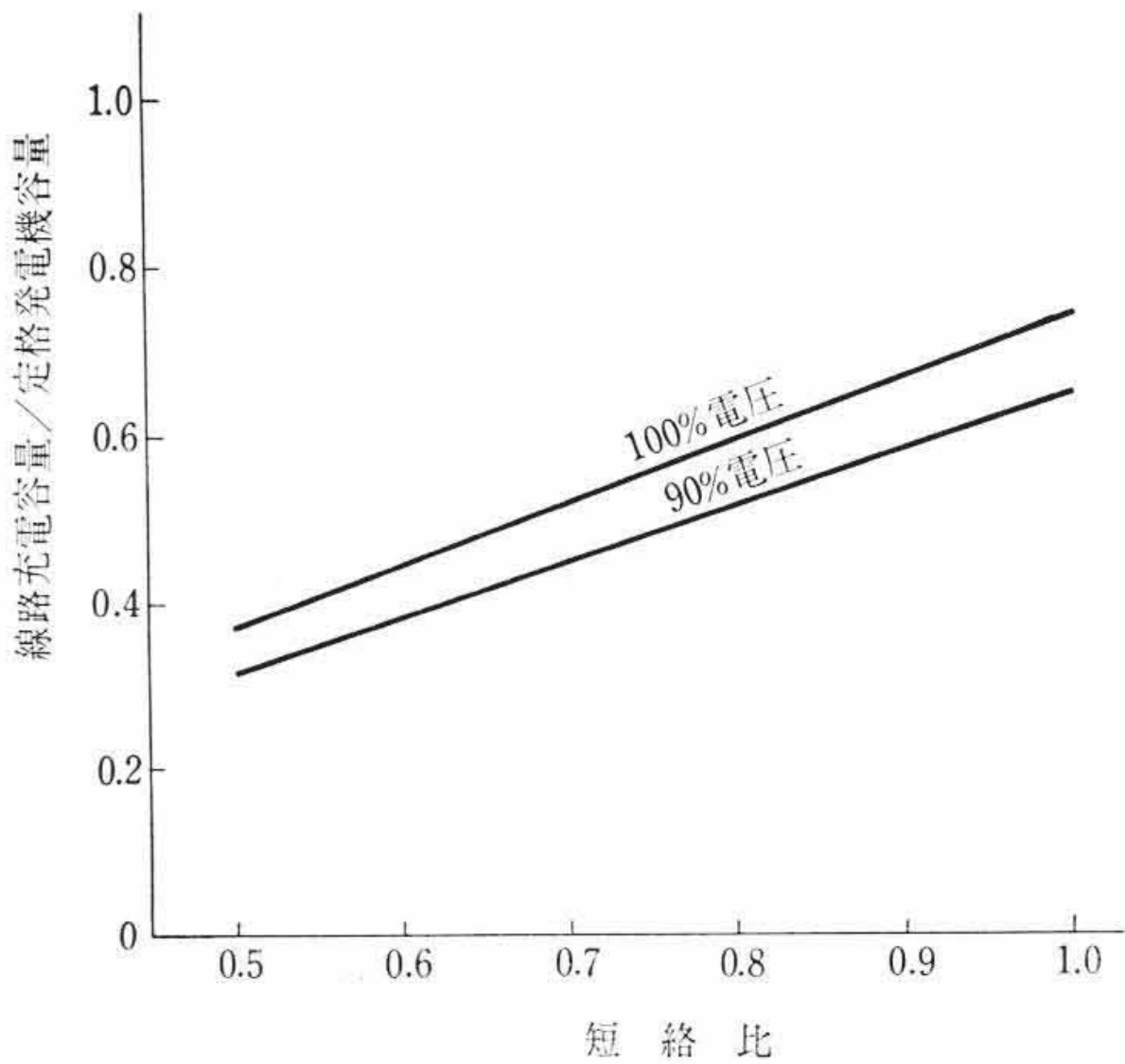


図8 短絡比と線路充電容量の関係

表5 輸出タービン発電機仕様一覧表(1960年以降)

発電所名	台数	容量(kVA)	電圧(V)	冷却方式	性能規格	力率(遅れ)	短絡比	線路充電	調相機運転	冷却水温(℃)	冷ガス温度(℃)	固定子コイル温度上昇(℃)	回転子コイル温度上昇(℃)	全電圧短絡試験
KORBA	1	12,500	6,900	空気冷却	BS	0.80	1.00	8,000 kVA (85%電圧)	—	34.0	40	80	90	ナシ
BARRANQUERAS	3	14,286	13,200	空気冷却	JEC	0.70	0.70	—	—	30.0	40	80	90	ナシ
NELLORE	1	35,294	11,000	空気冷却	BS (JEC)	0.85	0.70	21,200kVA (100%電圧)	24,000 kVA	35.0	40	55	55	ナシ
HARDUAGANJ	1	37,500	11,000	空気冷却	BS (JEC)	0.80	1.00	21,200kVA (100%電圧)	—	35.5	45	55	55	ナシ
SAMCHOK	1	35,294	13,800	水素冷却 (0.5 psig)	AIEE	0.85	0.80	—	—	35.0	40	60	85	ナシ
PASIR PANJANG "B"	4	75,000	11,000	水素冷却 (15 psig)	BS	0.80	0.55	—	—	35.0	40	70	90	有
KOTHAGUDEM	4	66,666	13,800	水素冷却 (15 psig)	BS	0.90	0.80	35,000kVA (100%電圧)	—	42.8	50	60	80	有
TEGEN	2	128,000	13,800	水素冷却 (30 psig)	ASA	0.85	0.64	—	—	43.3	50	50	75	ナシ
ATHLONE	1	37,500	11,000	空気冷却	BS	0.80	0.55	11,250kVA (100%電圧)	—	33.3	40	80	90	有

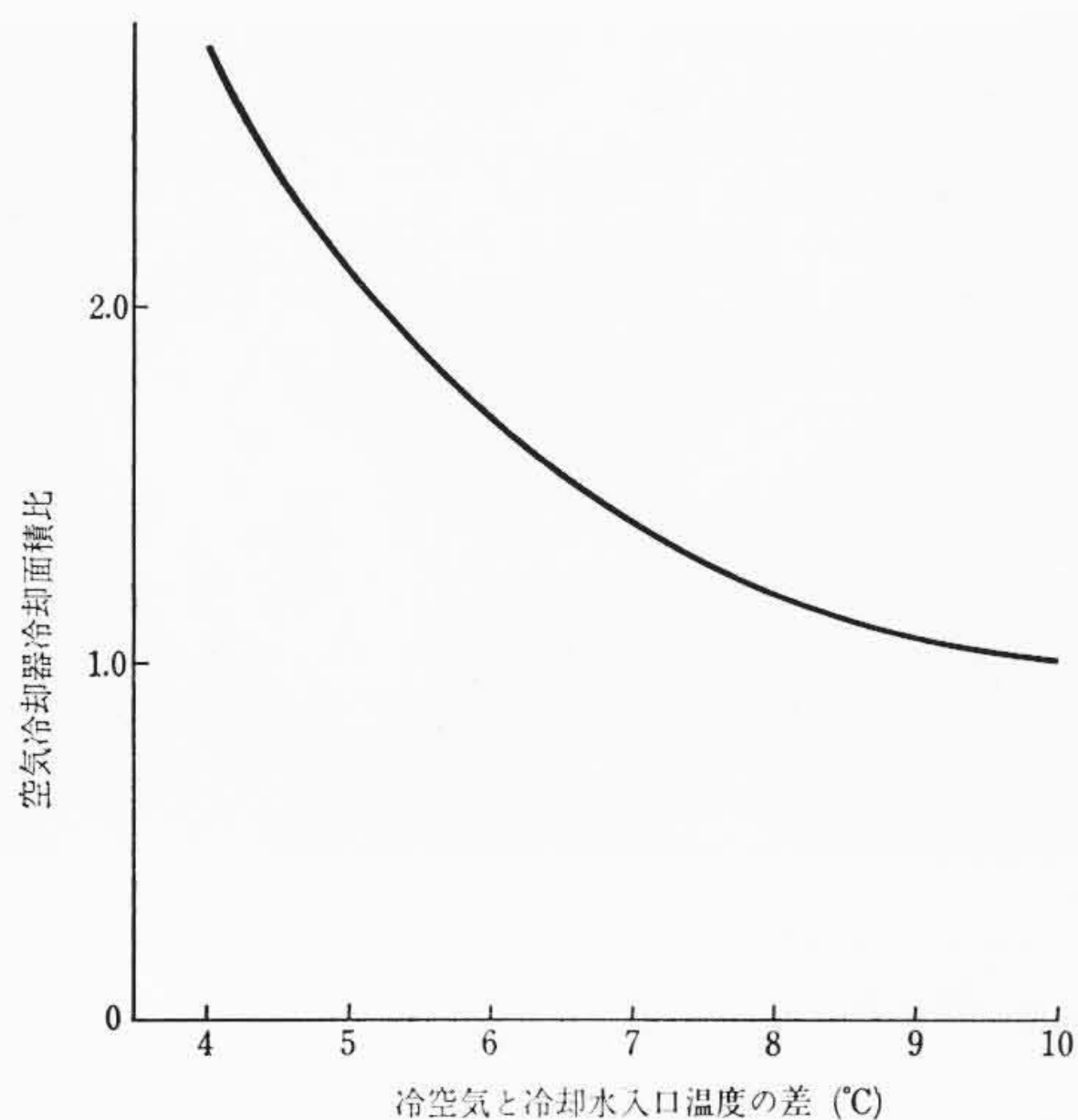


図9 冷空気と冷却水温度の差と冷却器冷却面積比の関係

ある。HARDUAGANJ 発電所納 37,500 kVA 機, KORBA 発電所納 12,500 kVA 機の短絡比が水車発電機のように 1.0 と大きくなっている理由の一つは線路充電容量が大きいためである。

普通水素冷却または空気冷却の場合、一般に機械寸法は回転子の励磁能力すなわち界磁アンペア巻数により決定されるので、短絡比の大小が機械寸法に大きく影響する。一例として普通水素冷却発電機の場合短絡比 0.5 の重量を基準にした場合、短絡比 1.0 の場合の重量は約 1.4 倍と大幅に増大する。

国内向の場合には最近タービン発電機を調相機運転する例はほとんどないが、NELLORE 発電所納 35,294 kVA 機は調相機運転の仕様があり、豊水期で火力発電停止時に発電機をタービンから切りはなし系統電圧の調整を行なうようになっている。この場合タービン発電機は、塊状回転子からなり、構造上凸極ダンパ巻線(起動巻線)付の回転子に比較して非同期熱容量が小さく、タービン発電機を電源に入れ非同期トルク(誘導電動機トルク)により加速し、併入することは困難であるため、起動用の誘導電動機あるいは誘導同期電動機が設けられる。NELLORE 発電所納 35,294 kVA 機の場合は 600kW 誘導同期電動機をタービン発電機直結励磁機の後に設置し、同期調相機運転するとき、励磁機とこの起動電動機のカップリングを接続するようにしている。

国内向の場合、火力発電所は港湾近くにあるため港に荷揚げ後、発電所までの輸送制限はほとんど問題にならないが、輸出向の場合、陸揚港のクレーン設備、陸揚後発電所までの輸送に大きな制限のあることが多い。とくにインドの場合は火力発電所は港湾から離れた内陸に設置される例が多く、KOTHAGUDEM 発電所納 66,666 kVA 機の場合は港湾設備および鉄道輸送限界から発電所はマドラス港に近いにもかかわらず反対側のボンベイ港から陸揚げし、インド大陸を鉄道にて横断輸送しなければならなかった。鉄道輸送限界は現地の積載貨車の重量制限よりもトンネルその他よりくる寸法限界に左右されることが多い。火力発電所の場合最大重量、若しくは最大寸法のものは通常発電機固定子であるが、輸送制限で常に問題になるのは固定子外径である。固定子外径は固定子鉄心外径、固定子わく寸法で決定されるが、固定子外径を輸送制限内に入れるために、固定子鉄心、固定子わくの固有振動数、変形、応力および通風などを綿密に解析し、各発電機ごとに慎重に設計している。どうしても固定子を一体輸送できない場合は固定子を外わく部と鉄心部からなる内わく部に分割し、外わくはさらに軸方向に 2~3 分割して輸送する方法などが採用される。

次に輸出先は熱帯または亜熱帯に属する所が大部分で、冷却水温度が高いことが多く、このため空気冷却器または水素冷却器の寸法

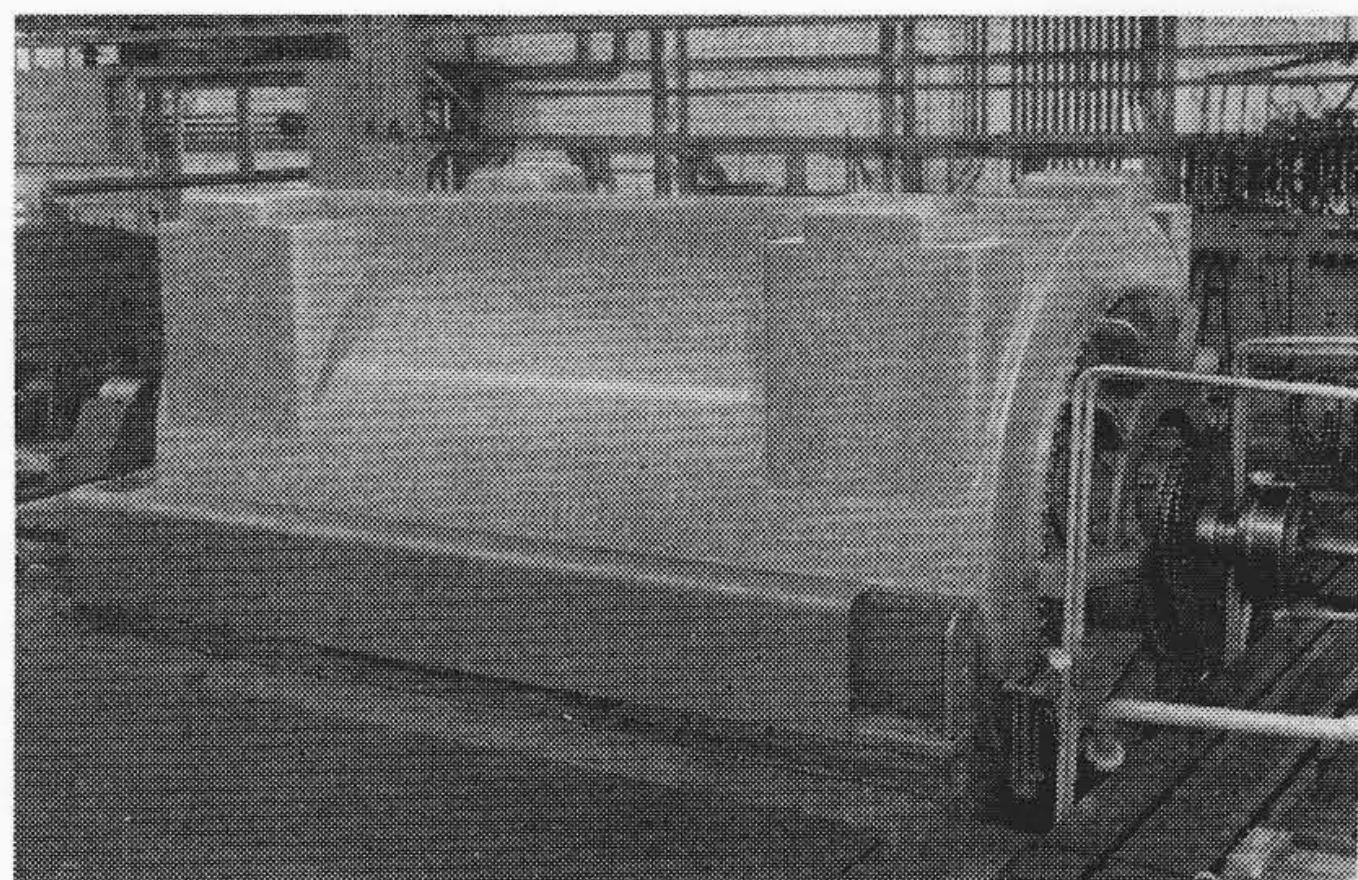


図10 TEGEN 発電所納 128,000 kVA タービン発電機

冷却面積が一般のものにくらべて大きくなる。空気冷却タービン発電機の場合、空気冷却器出口空気(冷空気)温度と冷却水入口温度との差が 10°C の場合が標準であり、また水素冷却タービン発電機の場合、水素冷却器出口ガス(冷ガス)温度と冷却水入口温度との差は水素圧力 0.05 kg/cm² のとき 5°C、1.0 kg/cm² のとき 7°C、2.0 kg/cm² のとき 8°C が水素冷却器設計の標準であるが、実際の製作例は表 5 のように、ほとんどが標準温度差以下となっている。空気冷却器の場合上記温度差と冷却器冷却面積の関係は概略図 9 のようになり、温度差が少なくなれば冷却面積が急激に増大することがわかる。

水素冷却発電機の場合は必ず水素冷却器は固定子わく内に内蔵されるので、水素冷却器が大きくなれば固定子わく外径が大きくなり、輸送制限に抵触することも起こるため、このような場合は、冷ガス温度を標準より高くすることがある。たとえば KOTHAGUDEM 発電所納 66,666 kVA 機では冷却水最高温度は 42.8°C であるため、冷ガス温度を標準より 10°C 高め 50°C とした。この場合は当然固定子コイル温度上昇および回転子コイル温度上昇は 10°C 低く保証しなければならないので、発電機本体の寸法は若干大きくなる。

次にイギリス系のコンサルタントが技術的な取りまとめをする場合、発電機の工場試験時に定格端子電圧からの突発短絡試験を行ない、突発短絡事故時においても固定子コイルを含むすべての部分に損傷のないことを確認すること、およびこのときの初期過渡リアクタンス(x_d'')、過渡リアクタンス(x_d')を測定する仕様がつくことがあり、表 5 に示すように数機種に対し、定格端子電圧からの突発短絡試験を行なった。固定子コイル端部の支持方法、各部の強度など十分な検討がなされたうえ設計製作されているので、これらの突発短絡試験ではなんらの損傷もなく、そのまま出荷することができた。なお短絡試験後の固定子コイルの損傷の有無の判定には、新品コイルの商用周波絶縁耐力測定時と同一電圧を印加する絶縁耐力試験が含まれている。

高温多湿地区に輸出されることが多いため、これら地区向の発電機にはコイルの耐湿処理が行なわれると同時に、熱帯性気候に耐えよう各所に慎重な考慮がはらわれている。図 10 に日立製作所が納入した輸出向最大容量機であるフィリピン・TEGEN 発電所納 128,000 kVA タービン発電機の工場完成を示す。

5. プラント補機

5.1 復水器

復水器は発電設備の中で最も立地条件の影響を受ける部分であり、しかも各国が異なった技術的背景をもって現在に至っているため、その設計、運転および保守などの技術的な面でわが国とは相当異なった特殊性を有している。したがって復水器の計画に当たっては特に十分な調査と慎重な考慮を払い、各国の技術的な特異性を折り込み、かつまた立地条件に適合した設計とするよう努めている。

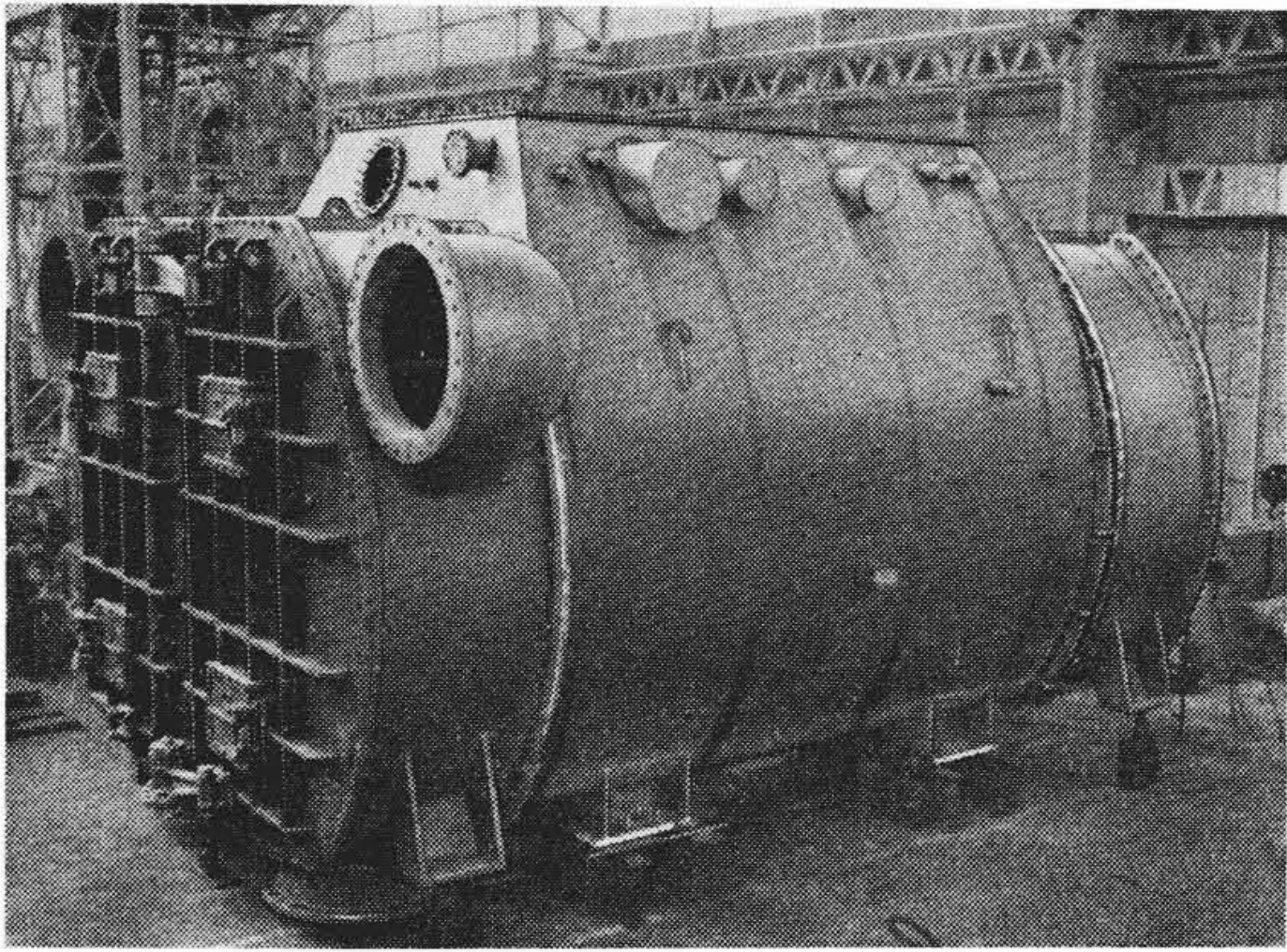


図 11 PASIR PANJANG “B” 発電所納 50,000 ft² 復水器

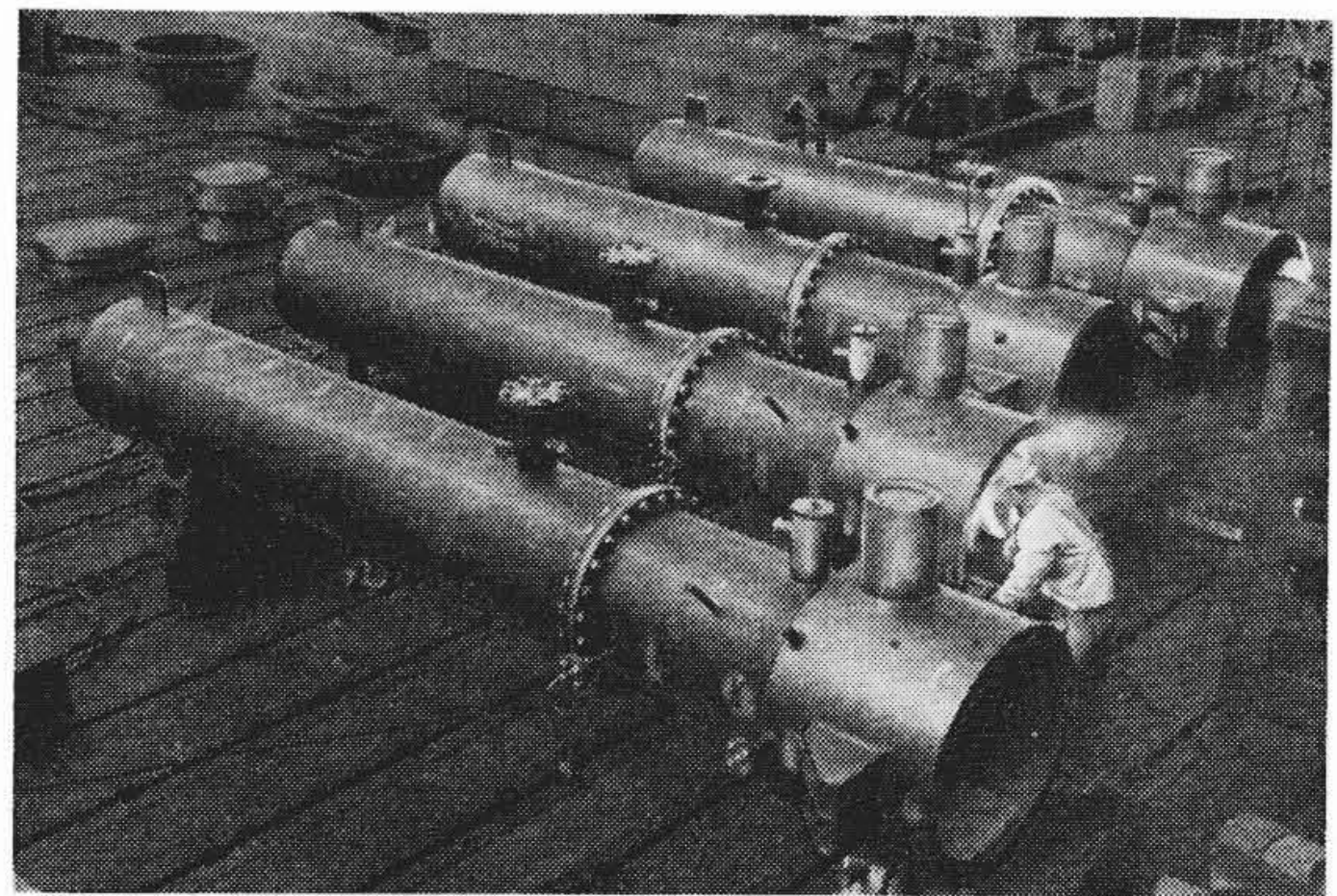


図 13 PASIR PANJANG “B” 発電所納 高圧給水加熱器

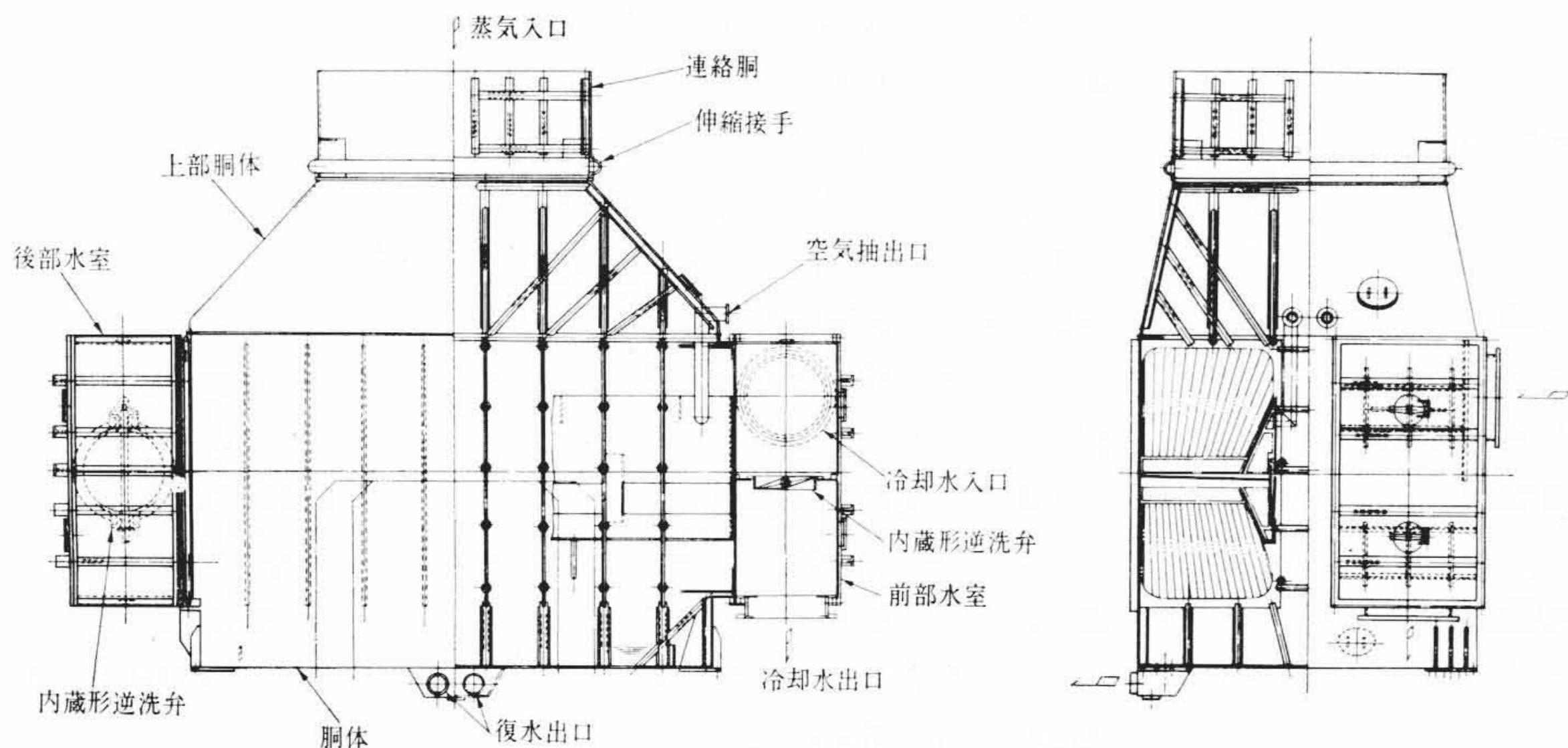


図 12 TEGEN 発電所納 96,000 ft² 復水器の断面

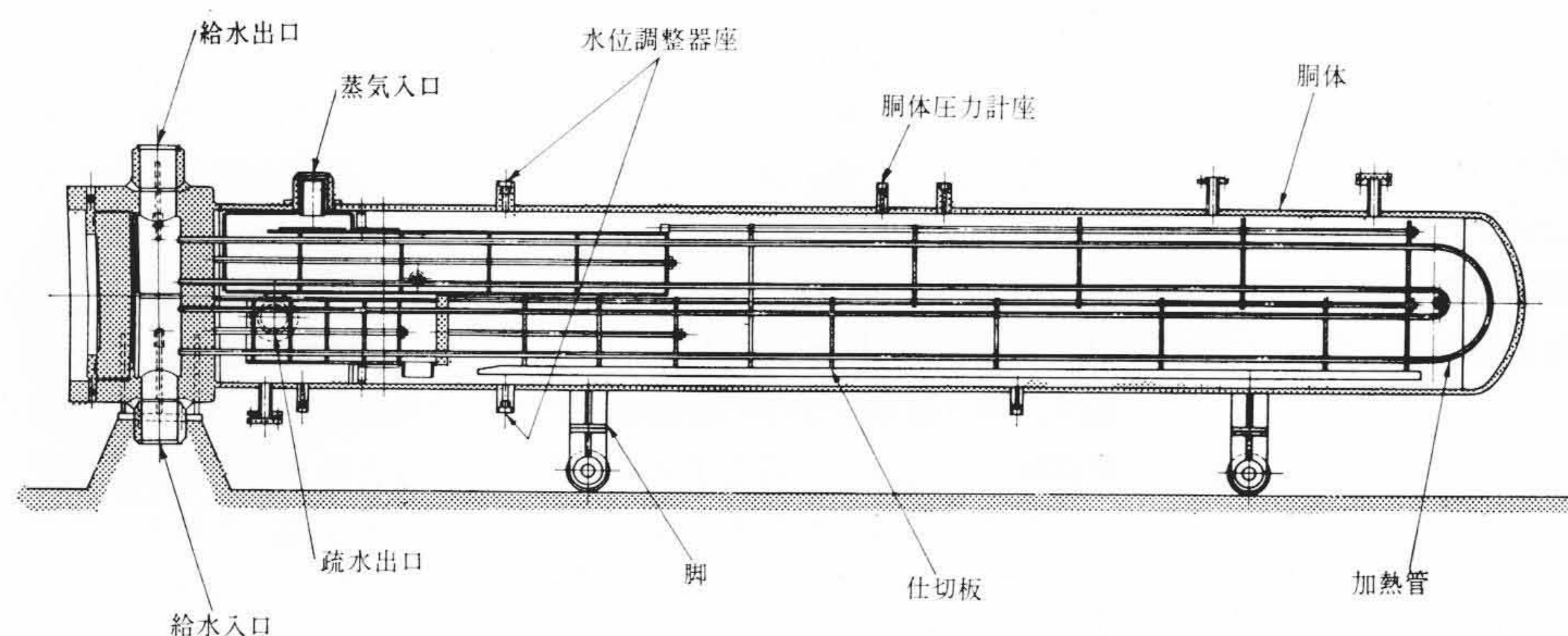


図 14 TEGEN 発電所納高圧給水加熱器の断面

図 11 は、PASIR PANJANG “B” 発電所納 50,000 ft² 復水器の外観である。本器は円形 2 折流半区分式復水器で復水だめおよび水位調整装置を装備せず、ポンプ自体の吸込揚程の変化によって復水の吐出量を自動的に制御するいわゆるサブマージェンス・コントロール方式が採用されている。このため復水器胴体の底板は復水の排出を容易にするため復水出口に向かって傾斜して取り付けられている。冷却水には、海水を使用するが、循環水ポンプの吐出揚程をできるだけ小さくし、かつまたタービン排気の冷却管群への分布を良好にするため冷却管全長は比較的短く設計されている。復水器の支持に、バネ支持方式を止め、いかなる運転状態においても復水器胴体の伸びが上方への推力としてタービンケーシングに作用することがなく、かつ組立作業を容易にするため、タービン排気口との接続胴にエキスパンションジョイントを設ける方式としてある。水室および水室カバーは鋳鉄製で、水室カバーはヒンジ付とし、水室内部

および冷却管の清掃時に必要な、水室カバーの開放を容易にしている。復水器へのドレンの導入は復水器胴体側面に設置したフラッシュタンクによって減圧、減温し完全に汽水分離の状態で行なわれている。

図 12 は、TEGEN 発電所納 96,000 ft² 復水器の断面図を示したものである。本器は角形 2 折流半区分式復水器で内蔵式逆洗弁を装備し、運転中に冷却水を逆流させ、管内の異物を除去する構造としている。水室および水室カバーは、鋼板製で冷却水と接触する内面には、ネオプレーンの内張りを施し、腐食を防止している。冷却水には、河水を使用するが、乾燥期には、河川の水量が減少するため海水が逆流し、河海混合水となる。この河海混合水は腐食性が強いので冷却管には、耐食性にすぐれた 90 : 10 Cu-Ni 管を使用している。本器は、通常の復水器よりも冷却水温度に比し高真空を使用しているので、この種のタービン出力範囲では比較的大形の復水器となる。よって限られたタービン架台内に収めるため冷却管の配列には格別の注意を払っている。また大形のため現地組立方式をとらなければならないが、組立作業が現地の業者によって行なわれることを考慮して、復水器の分割方法および現地における組立、心出し、溶接作業および手順を決めている。

5.2 給水加熱器

給水加熱器は火力発電所のボイラおよびその付属設備の主要耐圧部分として、その構造物の安全性と信頼性を確保するという観点から、各国が国家的にその装置の設計、工作、材料ならびに検査全般にわたってその技術的な面を規定して品質の管理に当たっている。よってすべての給水加熱器は当該国法規に準拠して、製作されねばならない。表 1 に示す発電設備に付属する各給水加熱器は、ASME 規格、BS 規格、および Indian Boiler Regulation (IBR) などその装置の設置される国の該当国家規格および取締規則に準拠して設計製作されたものである。

図 13 は工場組立中の PASIR PANJANG “B” 発電所納高圧給水加熱器の外観写真を示す。本器は縦置表面加熱 2 折流形加熱器で

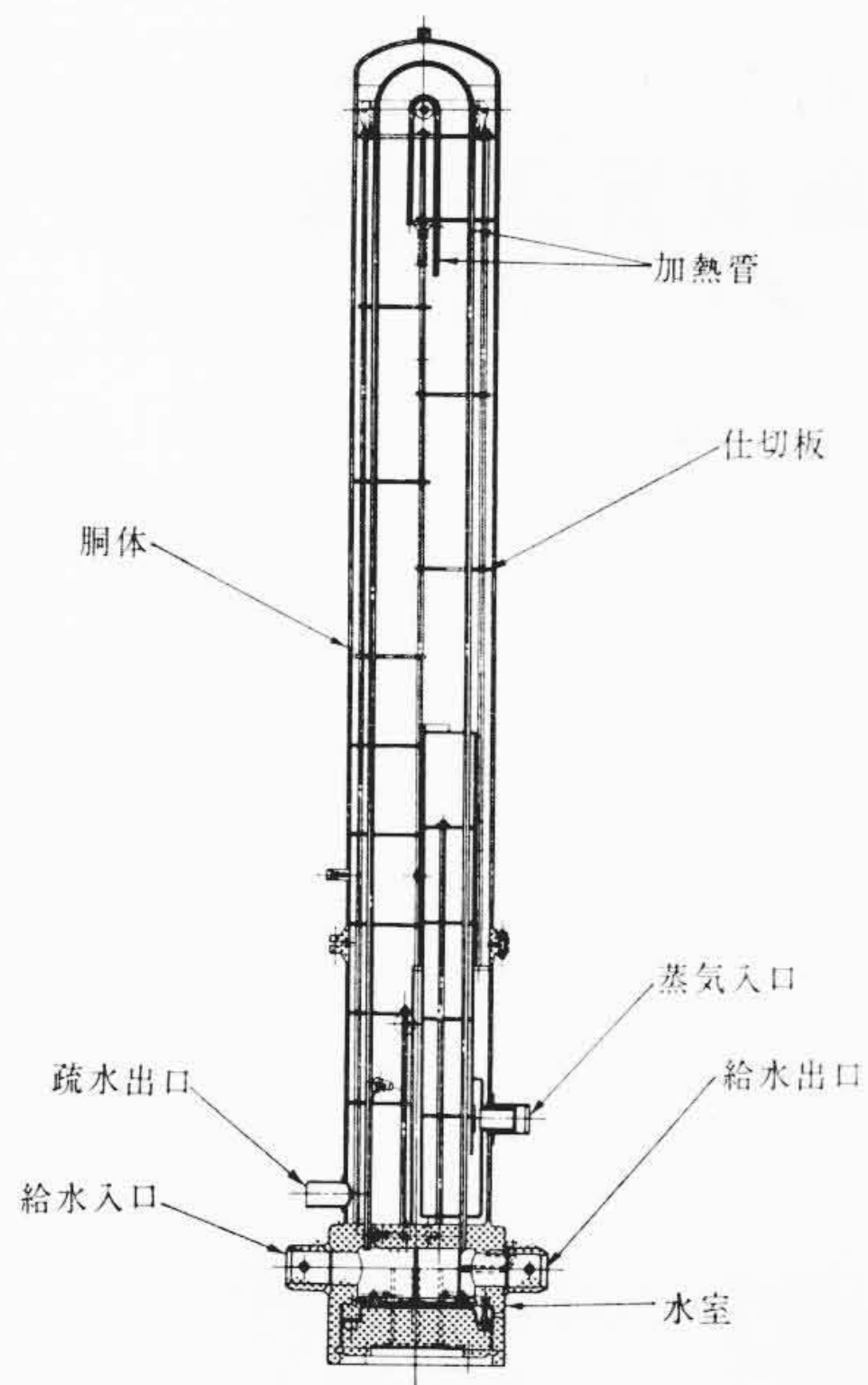


図 15 KOTHAGUDEM 発電所納高圧給水加熱器の断面

水室には、堅ろう強固で水密に対し、十分な確実性を持ち、かつ分解点検が容易なロックヘッド形水室が採用されている。加熱管は 90 : 10 Cu-Ni の U 字管で、管板にエキスパンドで固定されている。

図 14 はテーゲン発電所納高圧給水加熱器の断面図を示す。本器は、横置表面加熱 2 折流形の全溶接式加熱器でデスーパーヒータ部、コンデンシング部およびドレンクーラ部から構成されている。水室は溶接式のロックヘッド形で、加熱管には 70 : 30 Cu-Ni の U 字管を使用し鍛鋼の管板に直接溶接によって取り付けている。本器と同様に 70 : 30 Cu-Ni 管を管板に直接溶接によって取り付けているものにトルコ・MERSIN 発電所の高圧給水加熱器がある。

図 15 は KOTHAGUDEM 発電所納高圧給水加熱器の断面図を示す。本器は縦置表面加熱 2 折流加熱器で、加熱管には、鋼管を使用し管板にエキスパンドして固定している。

NELLORE, HARDUAGANJ, SAMCHOK, ATHLONE, BARRANQUERAS および MERSIN 発電所などの比較的小容量でボイラ給水圧力の低い高圧給水加熱器には図 16 に示すようなモディファイドロックヘッド形水室構造を採用している。

5.3 オリフィス制御装置

給水加熱器ドレンの制御方法として、PASIR PANJANG “B”, KOTHAGUDEM および ATHLONE 発電所にはオリフィス制御

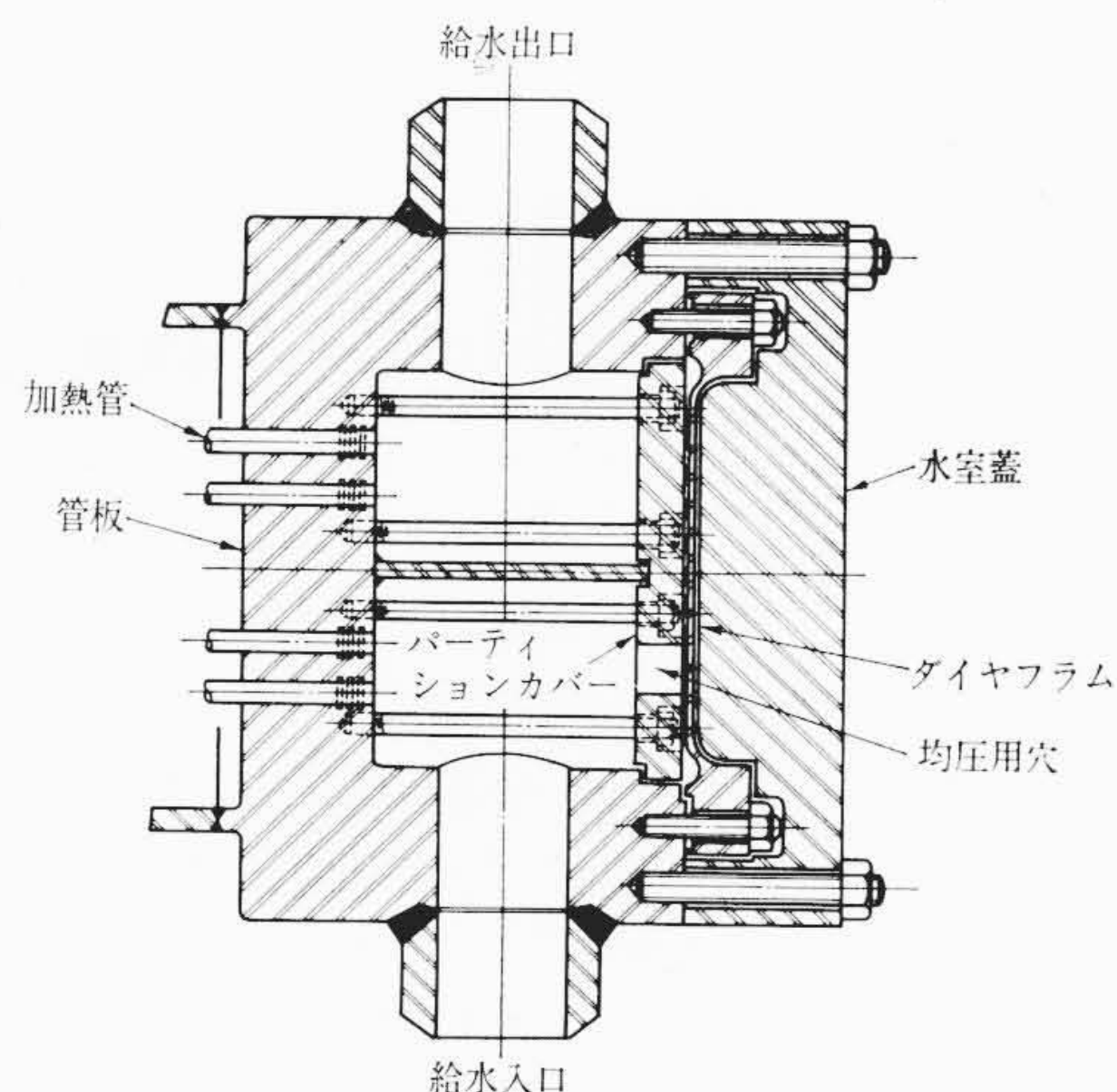
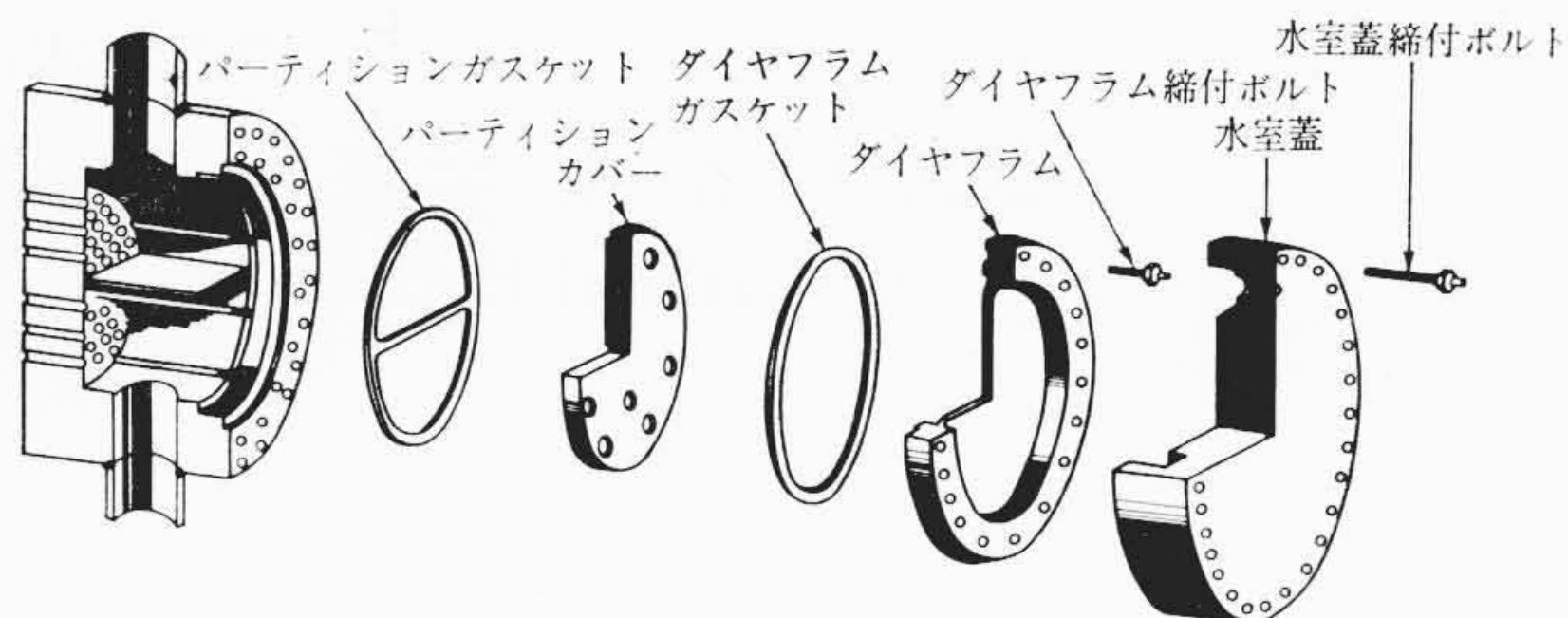


図 16 モディファイドロックヘッド形水室構造

方式を採用している。従来の給水加熱器ドレンの制御は戦後アメリカより輸入された火力プラントの影響をうけて空気作動式ダイアフラム調整弁を採用しているが、上記のオリフィス制御方式はヨーロッパ系のプラントでかなりひろく行なわれている方法で、比較的制御性もよく動的部分が全然ないため保守も容易でかつ経済的である。

6. 結 言

以上輸出用火力プラントの概要および特長について述べた。これら輸出用火力発電設備は国内事業用火力発電設備に比べて、比較的設備容量は小さいが、それぞれの国情にあった設計計画をする必要がある。われわれは過去における多くのプラントの設計製作の経験と、絶えざる研究成果を基礎とし、よりいっそう輸出の拡大に努力する所存である。