

産業用火カプラント据付上の諸問題

Problems Concerning Installation of Thermal Power Plants for Industries

齋藤良造* 高橋久雄*
Ryōzō Saitō Hisao Takahashi

内 容 梗 概

産業用火カプラントの現地据付には、各産業分野または工場の条件によって、種々の異なった問題が提起される。本文は、これら問題について概説し、また産業用タービンの代表的なものである抽気背圧タービンの据付要領、減圧減温装置のブローイング手順などについて述べたものである。

1. 緒 言

最近の産業用火カプラントも事業用火カ発電設備と軌を一にして高压高温蒸気条件を採用するものが多い。この傾向はもちろん、各工場の需要の経済的追分から求められたものであるが、すでに数多く製作された事業用発電設備の成果と貴重な経験に基づいていることはいうまでもない。一方産業用、事業用というのは、その使用上の区別であって原則的な相違はないといつてよい。

かかる意味から産業用火カプラントの据付は、基本的には事業用火カ発電設備の据付と特に異なるものではないが、ただ工場の需要の条件に応じて計画された各種のボイラ、タービンの形式および関連する補機設備の多様さ、また場合によっては既設工場の関係から決められる配置の複雑さなどにより提起される据付上の諸問題を解決しなければならない。

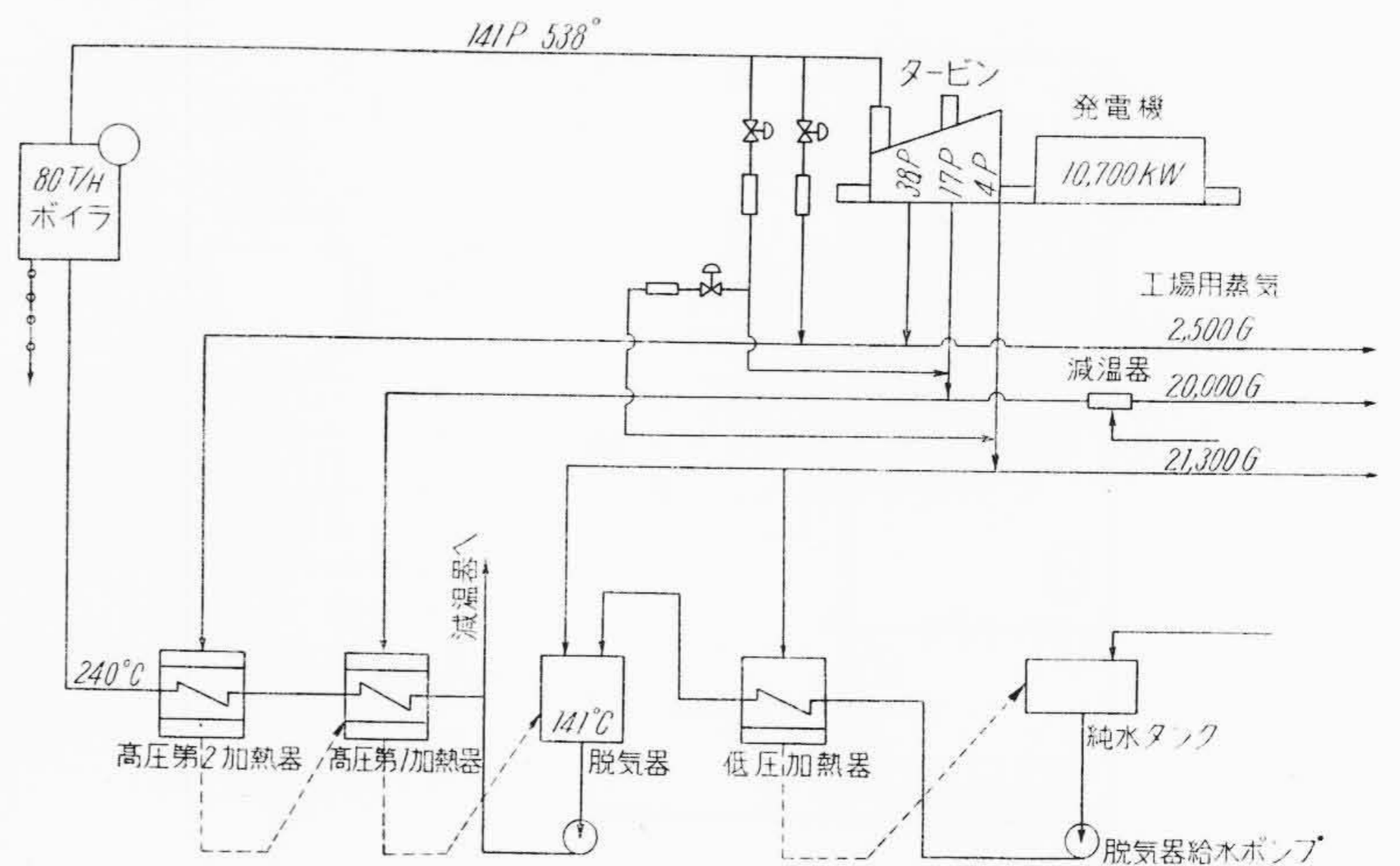
筆者らは最近における高温高压の産業用火カプラントの据付の経験より現地にて起りうる各種の問題点を改めて再検討し、いかにすれば最も円滑に工事を進捗せしめ、支障なく運転にはいることができるかについての考察を加えてみたが、本文はその中より特に最近問題になっていると思われる、輸送、脱気器および給水加熱器など補機の据付、配管工事、減圧減温装置のブローイング手順、さらに産業用タービンの代表的なものである抽気背圧タービンの据付要領について述べることにしたい。

2. 産業用火カプラントの形式

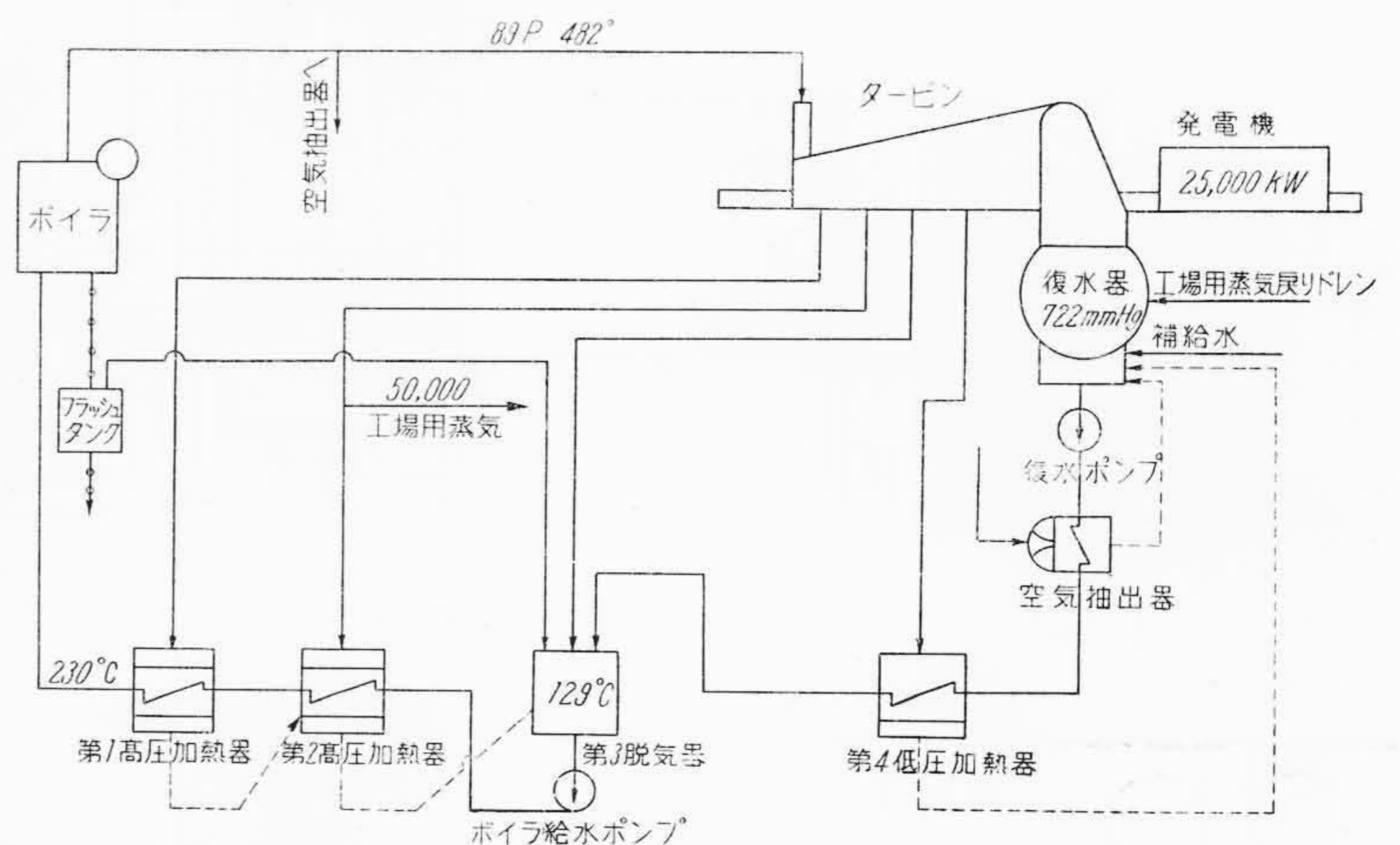
機器の現地据付工事の基本的原則についてはいまさら論をまつまでもないが、プラントの計画の目的と設計の意図を遂行し、機器の機能を十分に発揮させることである。それゆえ、円滑完全な据付のためには機器の機能を理解しておくべきはもちろんであるが、さらに該火力設備の工場の中で果たす役割、すなわち建設計画の目的についても許されるかぎり知っておく必要がある。たとえば、各抽気蒸気が工場でどのような工程に使用されるものであるか、またはもし順位をつけるものとすれば、工場で最も重要視している蒸気はどの系統のものであるかなどを知っておくことは、据付またはその後の試運転計画にあたり、緩急自在な計画が立てられ非常に便利なものである。そこで本節では概略各種産業用火カプラントの形式と二、三の配置例について述べる。

産業用火カプラントは各種産業分野により多種多様のボイラ、タ

* 日立製作所日立工場



第1図(a) 抽気背圧タービンプラント



第1図(b) 抽気復水タービンプラント

ービンの形式があり、またプラントの系統も異なる。ボイラ形式の相違はおもにその使用燃料によるもので、事業用発電ボイラの小規模な形態をとる石炭または重油だきボイラのほかに、プロセスボイラとして、代表的なものに高炉ガスだきボイラ、パルプ廃液回収ボイラCOボイラなどがある。タービン形式およびプラントの系統は工場の蒸気、電力の需要の状態によりそれぞれ決められるもので、蒸気の需要はなく電力のみを使用する場合は復水タービンが用いられ、蒸気と電力が一定のバランスを有する場合には背圧タービン、抽気背圧タービン、抽気復水タービンなどが用いられる。このようなプラントのほとんどすべては、タービンをバイパスする主蒸気の減圧減温装置を備えている。これが事業用火カプラントと産業用火カプラントとの相違点の大きなものの一つでもある。また電力は必要と

せず蒸気のみを使用する工場では比較的低压のボイラと給水加熱装置のみの簡単なプラントもある。そのほか送風用ブロワを駆動するブロワタービンプラントなどもある。

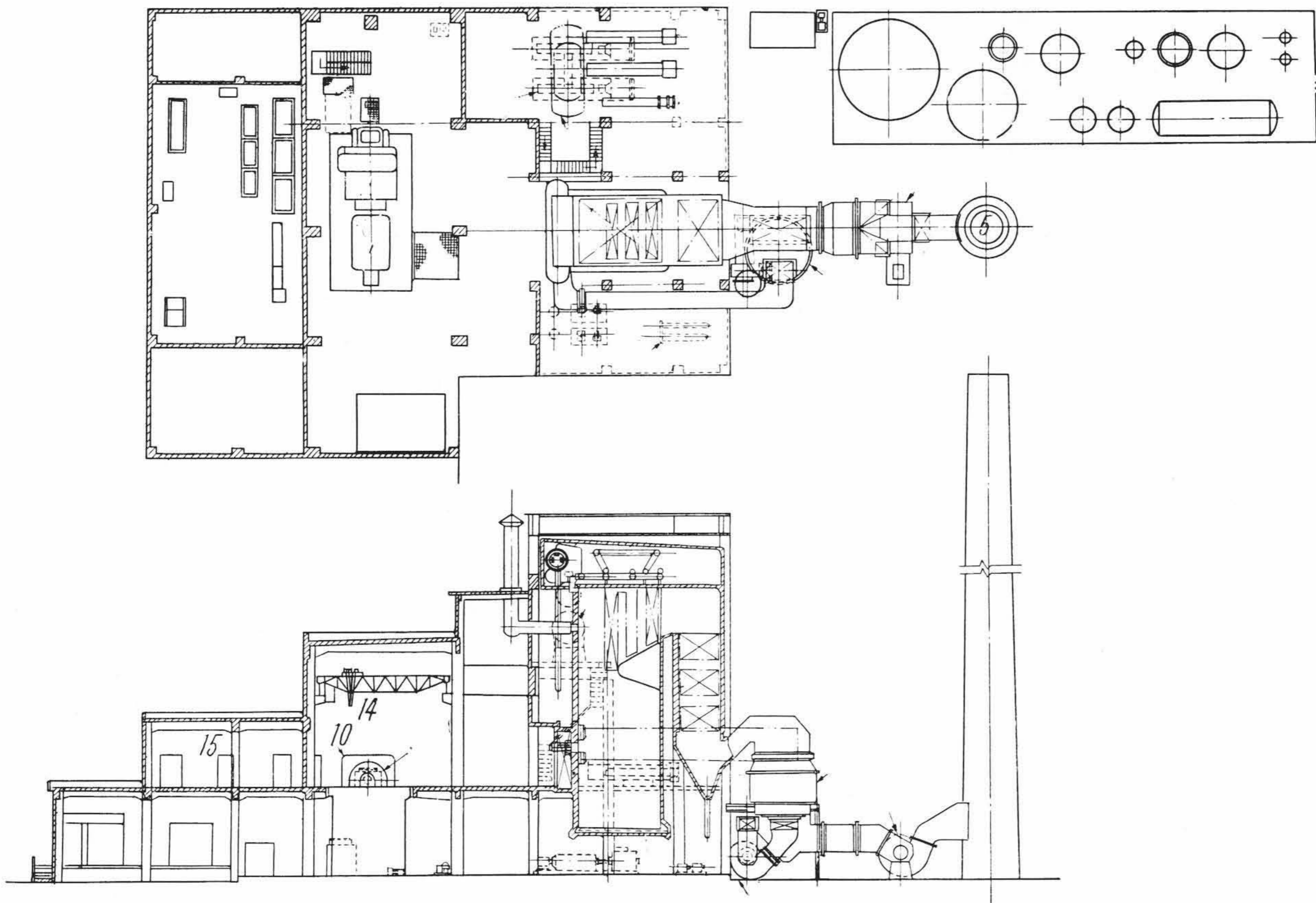
第 1 図は代表的なプラントの形式を示したもので、(a) 図は抽気背圧タービンプラントである。タービンで発電用に仕事をした蒸気は各々工場所要圧にて抽気され送気される。その各々の抽気、背気には主蒸気からの減圧減温装置が連絡されている。(b) 図は抽気復水タービンプラントで第 2 段抽気より 50 t/h の工場蒸気が送られている。第 2、3 図は配置の例である。第 2 図はボイラ、タービンそのほか電気設備ともう一つの発電所にまとめられたもので、配置は設備の運転操作の便、その他機能上から決められている。一方第 3 図の (a) 図は既設工場設備の配置上からボイラ、タービンの配置が

決められており、同じく (b) 図は工場廃熱の利用上便利な位置に各々の機器が配置されたものの例である。

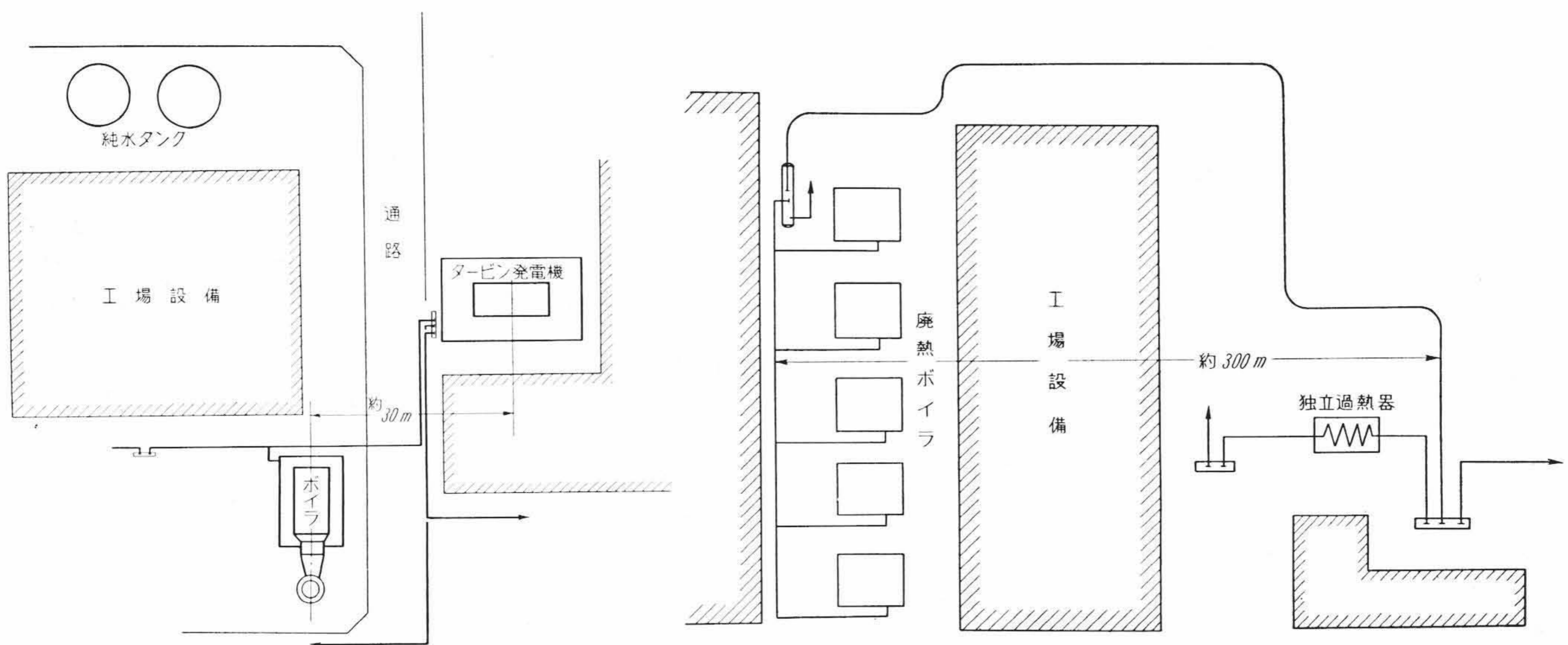
3. 据付上の諸問題

3.1 据付 期 間

火力プラントの建設に関連する各界の努力により、最近、プラントの製作、据付の期間は相当短縮されてはいるが、産業用火力プラントの場合、その期間がかなり短いのが比較的多い。これはわが国産業界の急速な発展のため、産業工場設備自体の建設が急がれ、その動力熱源の火力プラントはそれらに先がけて完成されねばならないためであろうと思われる。われわれは、幾多の製作の経験と各部門の研究により、これら産業界の要求に応ずべく常々たゆまざる努



第 2 図 抽 気 背 圧 ター ビ ン プ ラ ン ト 配 置 例

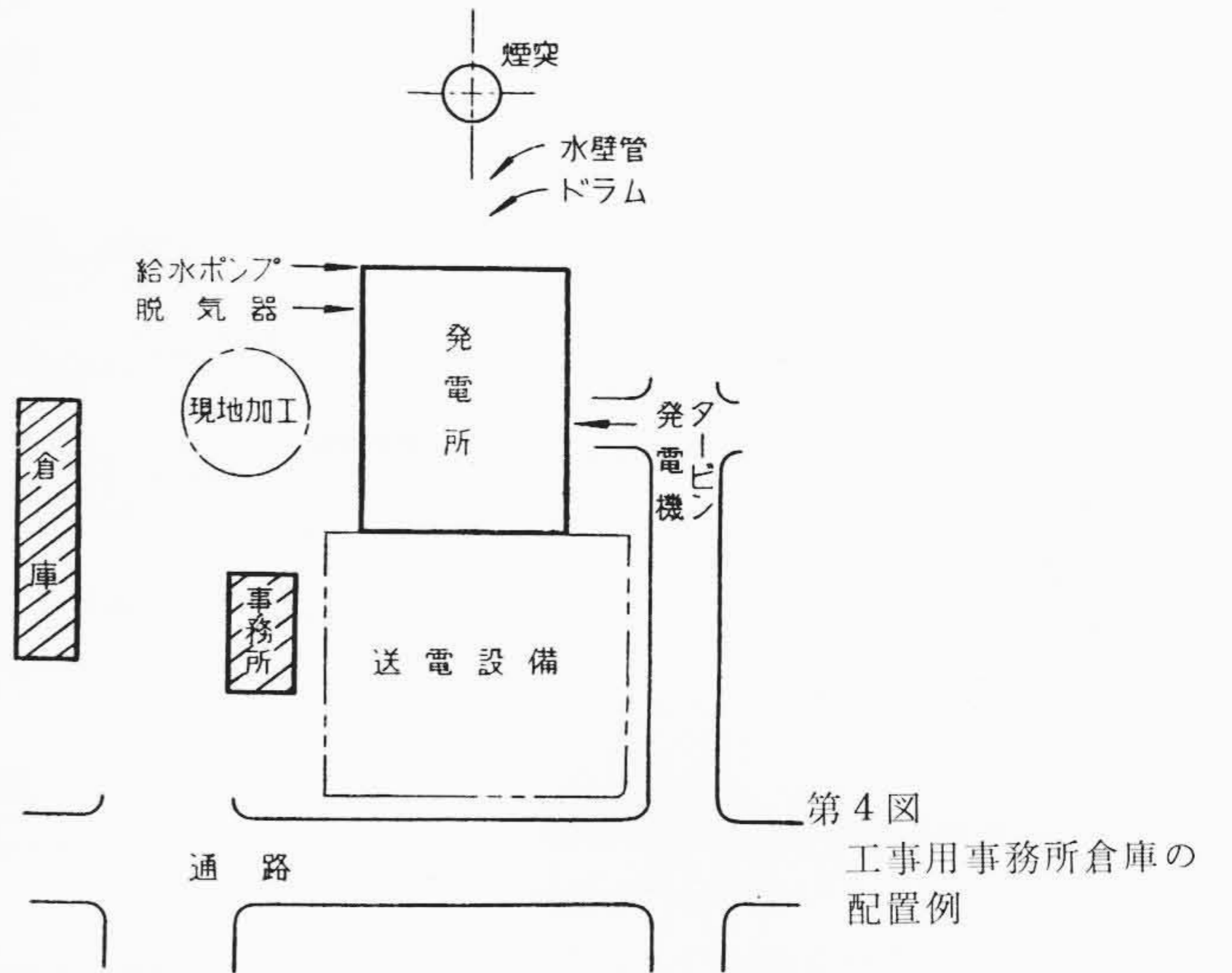


第 3 図 (a) 機 器 建 屋 の 分 離 し て い る 配 置 例

第 3 図 (b) 機 器 建 屋 の 分 離 し て い る 配 置 例

第1表 産業用プラントの標準据付工程表

	建方	ぎ装工事			
		ドラム場	水圧	受電	火入
ボ イ ラ	鉄骨(建屋)				
	ボイラ本体				
	エヤヒータ				
	スートブロフ				
	煙道風道				
	ストーカ(またはミル)				
	重燃関係				
	送風機				
	給水ポンプ				
	配管工事				
ター ビ ン 発 電 機	純水装置				
	タービン本体				
	復水器				
	発電機				
	励磁機				
	脱気器ヒータ類				
	配管工事				
電 気 計 装	雑ポンプ				
	ボイラ計装関係				
	タービン計装関係				
	MCS配電盤,中央盤				
変圧器および変電機器					



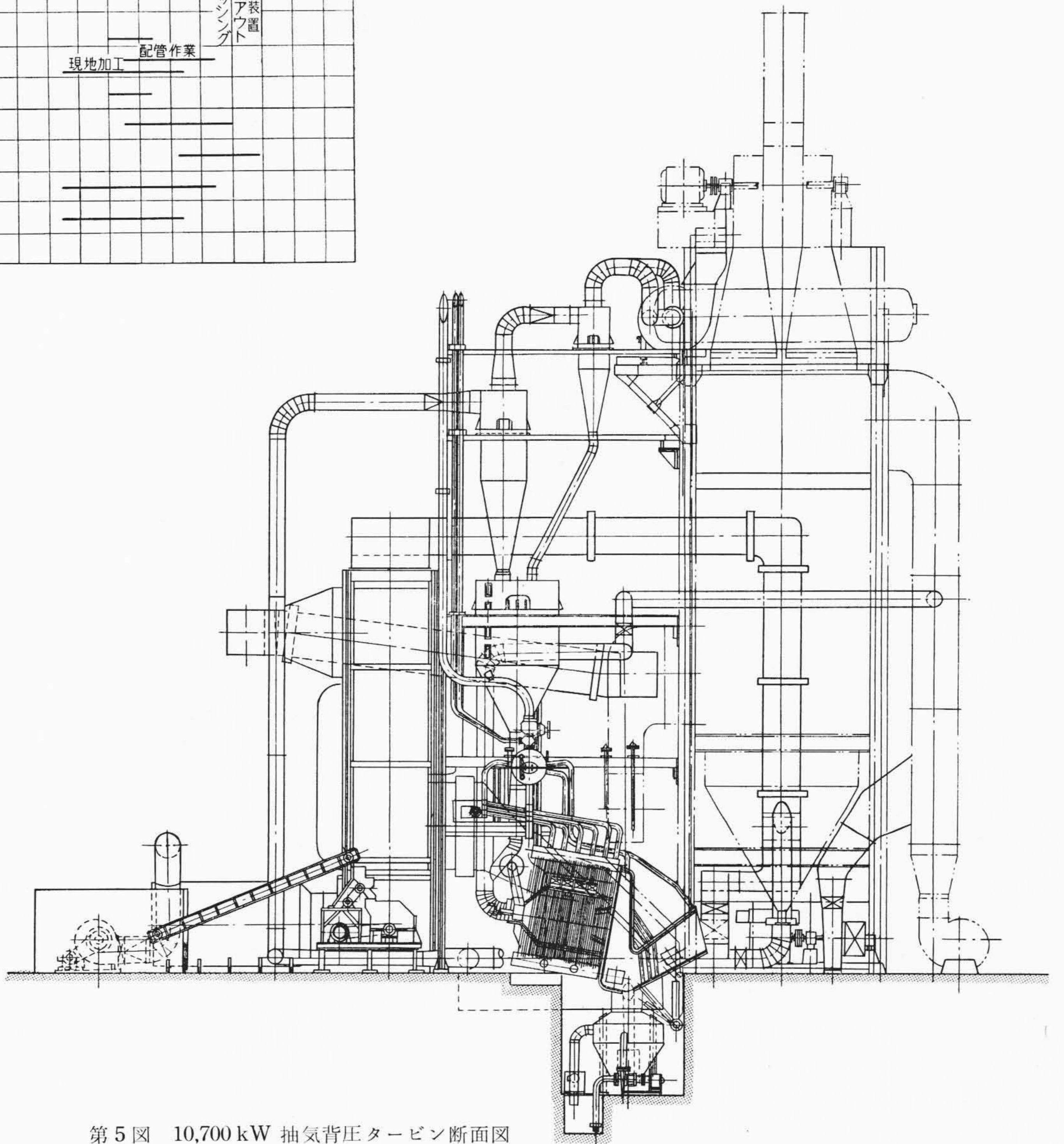
第4図 工事用事務所倉庫の配置例

力を続けている。

第1表は抽気復水タービンプラントの標準的据付工程表である。抽気背圧タービンの場合はもちろん復水器はなく、減圧減温装置の据付が配管工事の中に含まれるわけである。またプロセス蒸気は全量回収されることは少なく、この補給のため純水装置などが設けられるが、一方、これはボイラ水圧時採水できるようにする必要があり、プラント据付の比較的早い時期に完成される。

3.2 機器の輸送, 保管

事業用発電設備は一般に海岸の、しかも都市近くまたは集約的産業地区に設置されるので、輸送上の制限については比較的少ない。しかし産業用プラントの場合は、ときには山の上の場合もありうるし、また地方の新開発工場地域などに新しく建設される場合もある。そういう際、往々にして工場付近の駅または港からの道路がまだ完成されておらず、その間の輸送については細心の注意が必要となる。あるプラントではボイラドラムを運搬するのに、わずか6kmほどの道程を夜中のみ3夜ほどかかった例がある。また一度工場構内にはいっても構内に張りめぐらされた蒸気管、ガスダクトなどが障害になる場合もあり、輸送計画についてはあらかじめ十分検討しなければなら



第5図 10,700 kW 抽気背圧タービン断面図

ない。

産業用火力プラントの据付時には、一般に他の工場設備の建設も同時に進められている場合が多く、製品の保管については十分注意を要する。事務所、倉庫など据付に必要な敷地面積は実績によると4,000 kW から 10,000 kW タービンプラントでは、1,000 kW あたり約 100 m² 程度の面積を要するようである。そのほか、プラントの周囲には機器搬入のためある程度の空地が当然必要である。これは

第2表 10,700 kW タービン発電機据付工程順序

タービン 本体据付	荷解梱掃除 加熱分解ケーシング据付 内部ケーシング入れ 基礎確認ベース当り 軸受据付心出し	アラメント(ピ/線) ダイヤフラムアラメント ロータ入れアキシャルバックキヤブ ケーシング仮合せ	グラフト準備 グラフト 硬化期間	中間検査準備 電庁検査
発電機据付	工ヤターラーダンパー組立	GENベース据付センターリング準備 タービンGENセンターリング	センターリング確認	
蒸気配管	主塞止弁吊りリリーチ設定グラフト	主塞止弁据付 主蒸気/抽気管間先合せ 溶接確認 仕上り検査	タービン蒸気配管	
油配管	油槽据付 冷却水配管	油配管		
タービン 本体組立	タービン本組立 タービン本組立 GOV組立	軸受サポートリマ通し メタル実検軸受組立		
発電機組立	カップリング直結リマ通し スリングテスト	GEN本組立		
オイル フラッシング	オイルフラッシング	配管切替		
計器配線	監視計器配線 ゲージパイプ			
保温 ラッキング	保温工事	ラッキングプレート合せ ローインググラフト	通気	
試 験	試運転調整			

ボイラドラム、水壁管パネル、脱気器、給水ポンプなどから決められるであろう。第4図は発電所と据付工事用事務所、倉庫および搬入個所の一例を図示したものである。このほか、特に小さい製品の現地引取り方については工事側、工場側ともよく連絡を密にし、品物が誤って他工事の現場に送られたり、工場倉庫に入れられたままになっていることのないよう、つまらないことではあるが注意することが大切である。

3.3 抽気背圧タービンの据付要領

産業用タービンとして代表的な抽気背圧タービンの据付要領について述べる。第5図は10,700 kW 抽気背圧タービンの断面図である。タービンの現地据付は基本的にいって、製作工場での組立状態を再現することである。そのため、あらゆる記録は工場記録と照合され、また常に製作工場と密接な連絡をとりながら必要な指示を受けて行われるものである。

(A) 架台アンカーボルト

タービン、発電機本体の据付にはいるまえに、タービン発電機架台には架台の土木工事施行時に、基礎アンカーボルトが設定される。この設定にはコンクリート打ちの際、アンカーボルト位置の狂わぬようにテンプレートを使用する。次に硬化後ベンチマーク、サブソールプレートを設定する。

(B) タービン本体の据付

第2表は 10,700 kW タービン発電機の据付工程表である。据付作業名を手順に従って列記すると大略次のとおりになる。なおこの作業名はおもな項目のみあげたもので、実際にはもっと細部項目にわたり入念検討し据え付けられるものである。

(i) 軸受の据付

(1) 中間軸受下半の据付、心出し

心出しはタービン架台中心、中間軸受基礎ボルト中心を通る中心線に仮置される。

(2) 外側軸受の据付、心出し

前側軸受油配管はあらかじめ取り付けしておく。中間軸受、前側軸受の心出しは工場記録による。

(ii) タービンケーシングの設定

(1) タービンケーシングを設定、水平継手面の水平度を測定
工場記録に合わせる。

(2) 内部ケーシングの下半本組立

(3) 内部ケーシング上半の組立

継手面内、外側の間げきを計測する。

(4) タービンケーシング上半組立

水平継手面各要所の間げきを測定

(5) 前側軸受、中間軸受を基準にし、ケーシング両端内径における心出しを行い、工場記録に合わせる。

(6) ケーシングと軸受台各キーの当り、平行度の検査

(7) ケーシング全体を通し、心出しの通しワイヤリング
工場記録に合わせる。

(8) ダイヤフラムのそう入、心出し

(9) ベヤリングの組立。ロータをケーシングにそう入する。

(10) ロータ心出し

(11) スラストメタルの組立

ロータを軸方向前後に移動して間げきを計測する。

(12) ロータ各部外周の振れを検査する。

(13) ロータ、ダイヤフラム、翼車間げきの調整。第6図は翼車間げきの計測の状況を示す。

(14) タービン本組立

作業中異物の侵入、投入などに十分注意して作業を進め、本組立においては入念に点検確認を要する。

ケーシング内の各部回り止め、ダイヤフラム、ラビリンスの回り止め、ケーシング、軸受などの基礎ボルトの回り止めなど確実にやらねばならぬ。

(15) ガバナーウォームシャフトの心出し

(16) センターリングにおけるカップリングの心出し

発電機ロータはロータの自然たわみを取り、設計にて指示された値に据える。

(17) タービン発電機の直結

(18) スリングチェック

(C) オイルフラッシング

オイルフラッシングの目的は、タービン試運転前に油配管、油通路および油槽内に残留している溶接の粉、さび、その他の狭雑物を取り除き、軸受および潤滑部の損傷や摩耗を防ぐことである。フラッシング作業は油の循環システムにより、また油温の上昇、下降のサイクルを繰り返す、3次ないし4次フラッシングまで行われる。

このフラッシング計画は機器の大小、系統加熱用蒸気の有無などにより各発電所の条件が異なるので、顧客、メーカーとも十分事前に打合せをして行わねばならない。

3.4 補機の据付

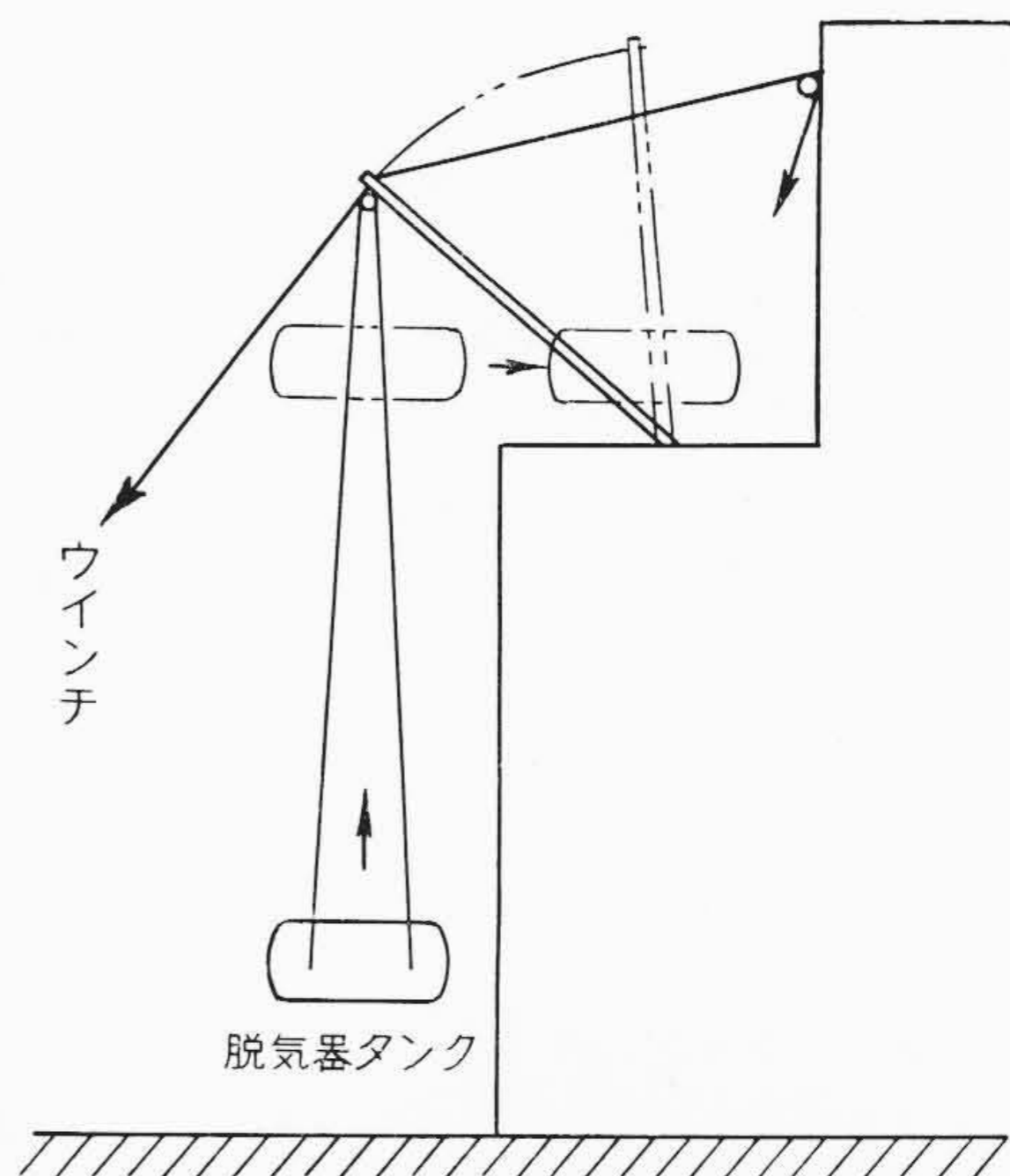
(1) 脱気器

脱気器の貯水容量はボイラ蒸発量により異なるが、一般に相当大きなものになる。一般に産業用火力プラントの場合、脱気器は屋上に設置されるものが多く、これがつり上げもまた細心の注意を要するものである。第7図は脱気器つり上げ要領の一例を示したものである。ブームの起点位置では集中荷重を受けることになるので屋上の床強度を合わせ考え、適宜な計画をたてるべきである。

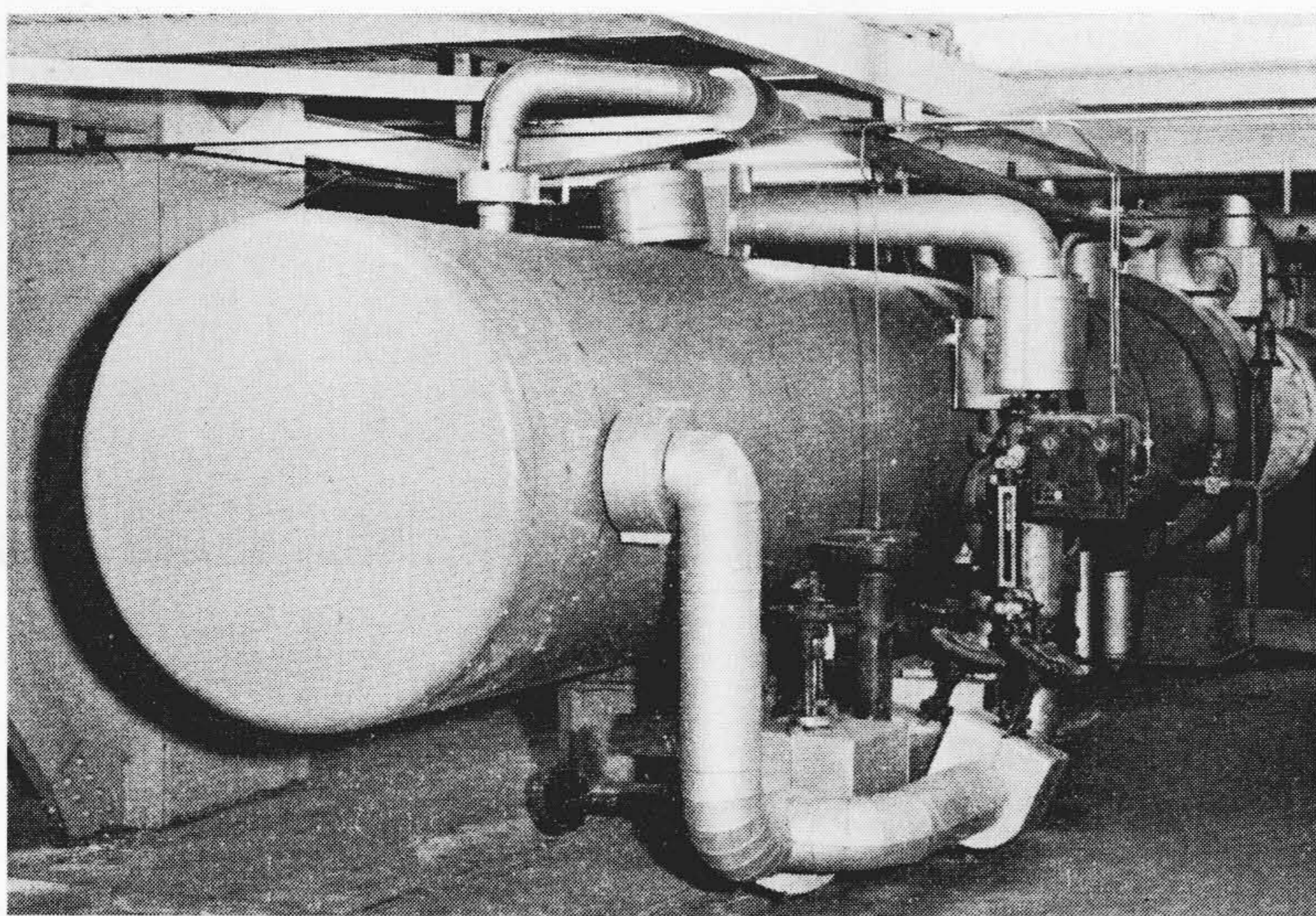
脱気器はその性能上、比較的精度の高い水平度の据付が要求され



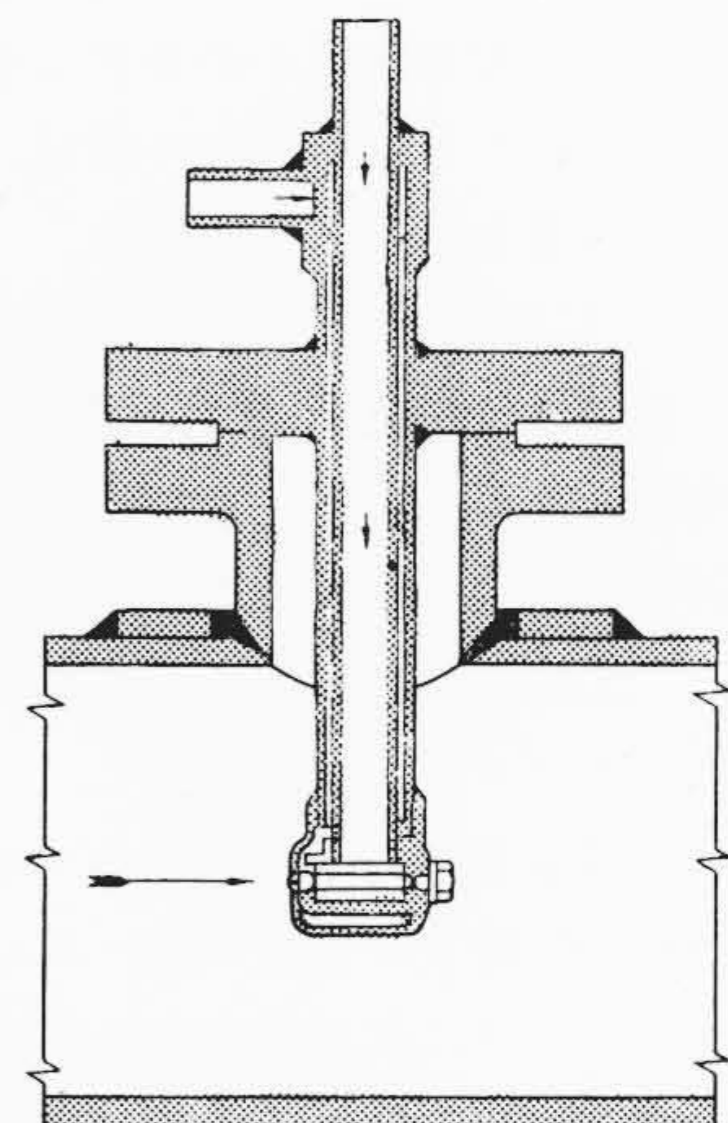
第6図 翼車間げきの計測



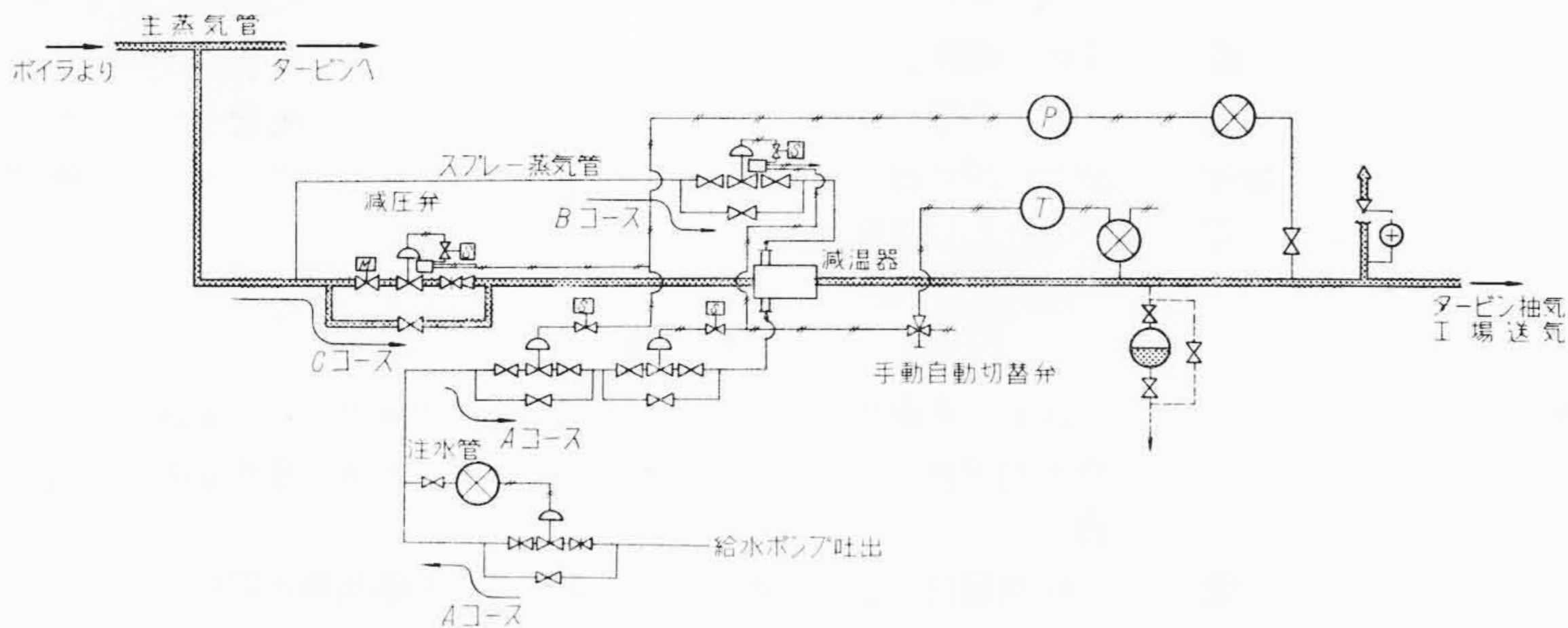
第7図 脱気器つり上要領例



第8図 給水加熱器レベルコントローラ回り配管



第10図 蒸気スプレー式減温器



第9図 減圧減温装置系統図

る。貯水タンク据付後、あらかじめ工場にて刻印されてきたマークを基準にして水レベルなどにて心出しを行う。この上に脱気室を設置し、両タンクの脚部にてライナ調整を行い水平を出す。脱気室内のトレイは脱気器性能上特に重要な役割をもつものであるから、各種トレイの組立順序は誤りなく行われ、かつ水平に設置されねばならない。

(2) 給水加熱器

給水加熱器の形式には立形と横形設置の両式がある。ドレンクー

ラ部を内蔵するものにおいては、正常なドレンコントロールを行い、また計画された伝熱面積を確保して機器の機能を果たすために、当然垂直、または水平に設置されねばならぬ。レベルゲージ、レベルコントロール、ドレンクーラの水位は特に検査確認しなければならない。第8図は横形給水加熱器のレベルコントローラ付近の写真である。

機器は工場にて十分清掃されて発送されるので、現地据付後フラッシングは行われぬ。配管のフラッシング時には機器をバイパスして行うので、機器と直接接続する配管は取り付けられる前にあ

かじめ入念に清掃されねばならない。

3.5 減圧減温装置ブローイング手順

主蒸気より直接に減圧減温して工場送気系統に継ぎ、タービン停止時、あるいは工場の所要電力量と蒸気量のバランスがくずれ、所要蒸気量の多いときに使用されるもので、産業用火力プラント特有なものの一つである。第9図は減圧減温装置系統図である。減圧減温装置は工場蒸気配管の減圧弁、同前後弁、バイパス弁のほか、減温器の注水配管および注水調整弁、同前後弁、バイパス弁、またス

プレー蒸気配管および同減圧弁、前後弁、バイパス弁など配管が錯雑し、多くの弁が集中する。運転操作に便利でかつ優美な構成をくずさぬために配置計画に特に注意の注がれるもので、据付に際しても十分気をつけて配管作業を行わないと非常に乱雑な印象を与えるものである。また弁前後の溶接焼鈍によって弁に悪影響を及ぼさぬよう気をつけて作業しなければならない。

スプレー蒸気管、注水管は小径管の割に高圧管になるので、弁の構造が大きくなり、運転時振動を起さぬよう適当な支持が必要である。

上述のように減圧減温装置は、複雑な配管、多種の弁が集中的に配置されるので、ブローイング、フラッシングは十分入念に施行されねばならない。以下ブローイング、フラッシング要領について述べる。

(1) 注水管のフラッシング

減温器のノズルを取りはずし、ノズルの点検を行う。減温器には通常1個または2個以上のノズルが取り付けられており、ノズルは蒸気および水のそれぞれの穴からなっている。第10図は蒸気スプレー式減温器である。

次に注水管のフラッシング(第8図Aコース)は調整弁をバイパスして行う。最初径路中の各弁は全開にして行い、フラッシングの終了する前に弁を少しばかり閉じ、弁軸に多少の振動を与えてきょう雑物の付着を防ぐようにする。

(2) スプレー蒸気管のブローイング(第8図Bコース)

主蒸気管より蒸気を送り、調整弁をバイパスして行う。最初各弁は全開状態にし、ブローイングの終りころ弁に少しばかり振動を与え付着物を防ぐ方法は上記注水管のフラッシングと同様である。

(3) 工場蒸気管のブローイング(第8図Cコース)

要領はスプレー蒸気管と同じ。

(4) 減温器ノズルを組み立てる。

10,000 kW 級プラントの減圧減温系統のブローイングは主蒸気管のブローイングに引き続き 30 ~ 40 kg/cm² の圧力で行われた。工場蒸気管は相当長くなるので、完全なクリーニングを完了するには相当長い時間を要する。使用蒸気圧力も個々のプラントにより、運転時よりも大きなクリーニングフォース (Cleaning Force) を与えるよう決められるべきである。

3.6 配管工事

配管工事ばかりではないが、現地据付工事中通産省、労働省の監督下にその検査を受けるものがある。発電設備を有するものは通産省の、有せざるものは労働省の監督になる。配管工事にて溶接認可申請を要せず、施行にあたり立合い検査を必要としないものは下記のとおりである。

管の場合

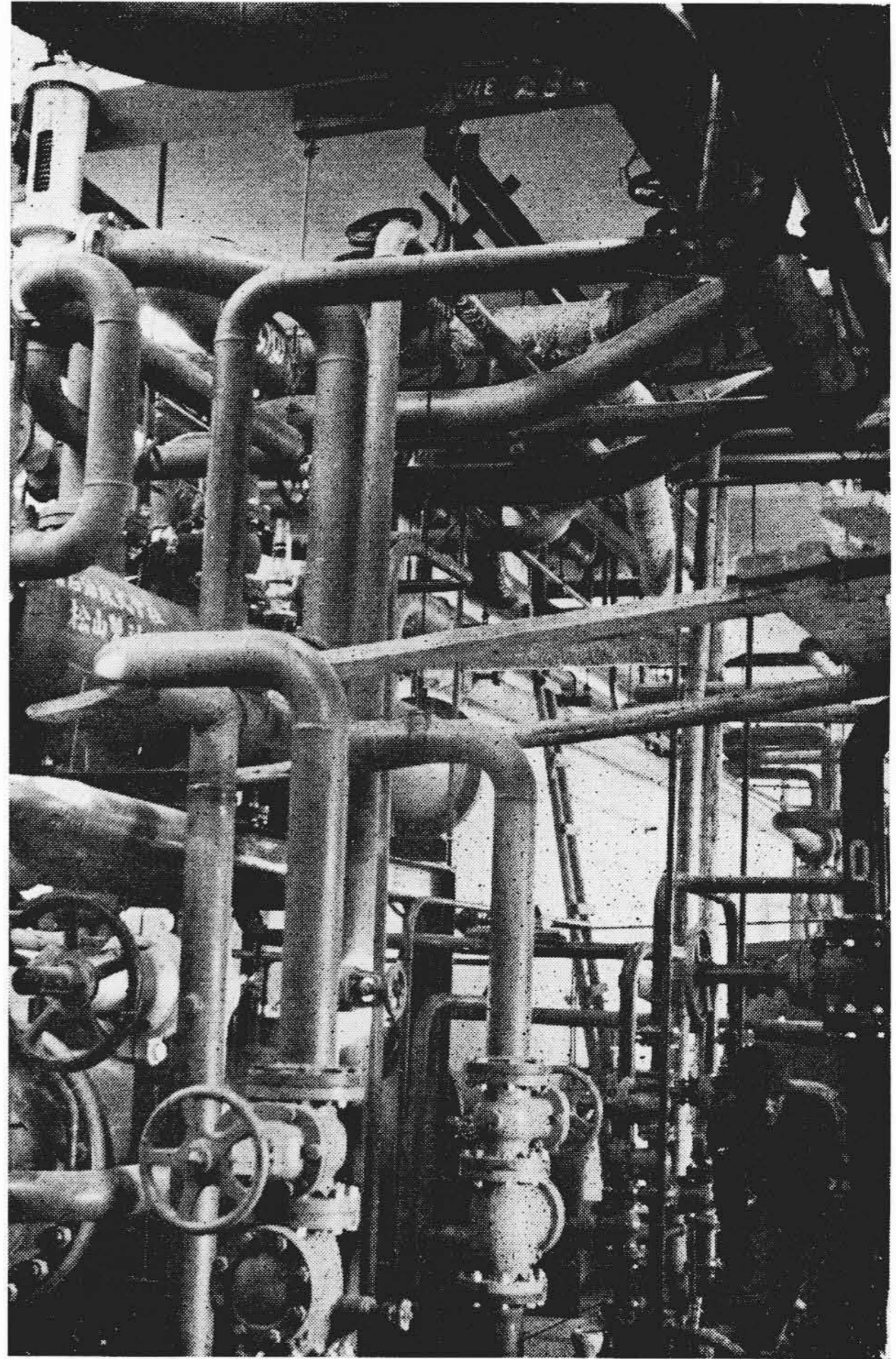
- | | |
|-----|--|
| 蒸気用 | (1) 外径 120 φ 未満の管の溶接 |
| | (2) 圧力 5 kg/cm ² 未満の管の溶接 |
| 水用 | (1) 外径 120 φ 未満の管の溶接 |
| | (2) 圧力 20 kg/cm ² 未満でかつ温度 100°C 未満の管の溶接 |

上記いずれかに該当するもの。

溶接検査の種類は次のとおりである。

- | | | |
|----------|-------------|-----------|
| (1) 材料検査 | (2) 作業中検査 | (3) 放射線検査 |
| (4) 焼鈍検査 | (5) 試験片機械試験 | |
| (6) 水圧試験 | (7) その他 | |

機器、配管の据付工事に先立ち、最初にタービン発電機架台とボイラ鉄骨またはボイラドラム心との寸法、各柱間寸法の検査を行う。もし無視できぬ相違のあるときは、設計と連絡し対策をたてねばならない。配管の溶接作業その他、施行はできるだけ床上で行う



第11図 工事中の配管部分

のが確実である。つり上げて作業する際は堅ろうな足場を作り、安全確実な作業のできるようにする。また配管手順は綿密に計画を立てて行い、いたずらに作業に困難を付加することのないよう、たとえば配管の交差する箇所にて溶接作業を行うような事態にならぬようにする。第11図は配管の一部を写したものである。

コールドスプリング・サポート取付などは設計の指示に従って行いが、熱膨脹については、工場蒸気管が相当長くなるので一般にメーカーの施行範囲である所内のみならず、所外の配管についても十分これが考慮された設計および施行が行われているかどうか、確認することが肝要であると思われる。

4. 結 言

以上、産業用火力プラントの据付上の諸点について記述した。本文中機械製作者側の固有な施行方法については、多少記述し得ない箇所もあったが、概略要点は述べた。

現地据付工事は、顧客と製作者および工事当事者間の密接な連絡と協力によって、十分に所期の目的が達せられるものである。筆者らは昨年現地据付作業に従事し、プラント完成の喜びを顧客とともにわかち得た感激を今でも忘れることができない。またその後、好調な運転を続けていることに、さらに大なる喜びを覚えるものである。

本文を結ぶにあたり、現地作業中、種々ご指導を賜わった発電所の諸氏に心からなるお礼を申し上げるものである。

参 考 文 献

- (1) 中崎, 青木: 日立評論 Vol. 43, No. 2 (昭36-2)
- (2) 加藤, 北川: 日立評論 別冊 No. 37 (昭35-7)