

船用機関の艙装について

Installation and Outfitting of Marine Engines

佐々木 克己*

内容梗概

日立造船株式会社において、リベリアン・トランスオーシャン・ナビゲーション社より受注建造したアレキサンドラ1世号は機関部に高温、高圧蒸気を採用し、熱経済の向上を計り、さらに各種の近代的な装置および方式を採用した超大形最新式の油送船で、各種の複雑な立会試験もそれぞれ優秀な成績で合格し、本年2月に引渡しを終った。

ここに本船の機関部についての艙装の概要、船内試験および海上試運転の結果、あわせて造船所側からの各種機器製造者に対する希望を述べたものである。

〔I〕 緒 言

我国の造船界が現在未曾有の受注量を確保し、さらに陸続と外国船の注文があることは、我国の造船・造機技術が世界的水準に達し、世界市場に認められた成果であつて、誠に欣快にたえない。

このとき、多年船用機関の分野においても、すぐれた性能と多数の生産台数によつて貢献された日立製作所が、「日立評論」船用機関特集号を発刊されることは、誠に時宜をえたものと思われる。

我日立造船株式会社は、創業75周年を迎え、その間、日立製作所と密接な関係の下に造船界に力を尽し、ともに技術の発展に寄与してきた。なお本年2月には、日立造船の建造歴史中最大を誇る、超大形油送船「アレキサンドラ1世」号(リベリアン・トランスオーシャン・ナビゲーション社発注)をきわめて優秀な成績で引渡した。本船機関部の主要機器類、および諸補機の電動機などは、すべて日立製作所の製造で、特に15,000 SHPの主タービンは、日立製作所における船用大出力タービンの1号機である。本船の優秀な成績は、すなわち日立造船株式会社および日立製作所の技術の卓越をしめすもので、御同慶の至りである。

この機会に貴重な紙面をかりて、本船機関部艙装の概要をしるし、船用機関の艙装について大方の御批判をえたいと思う。

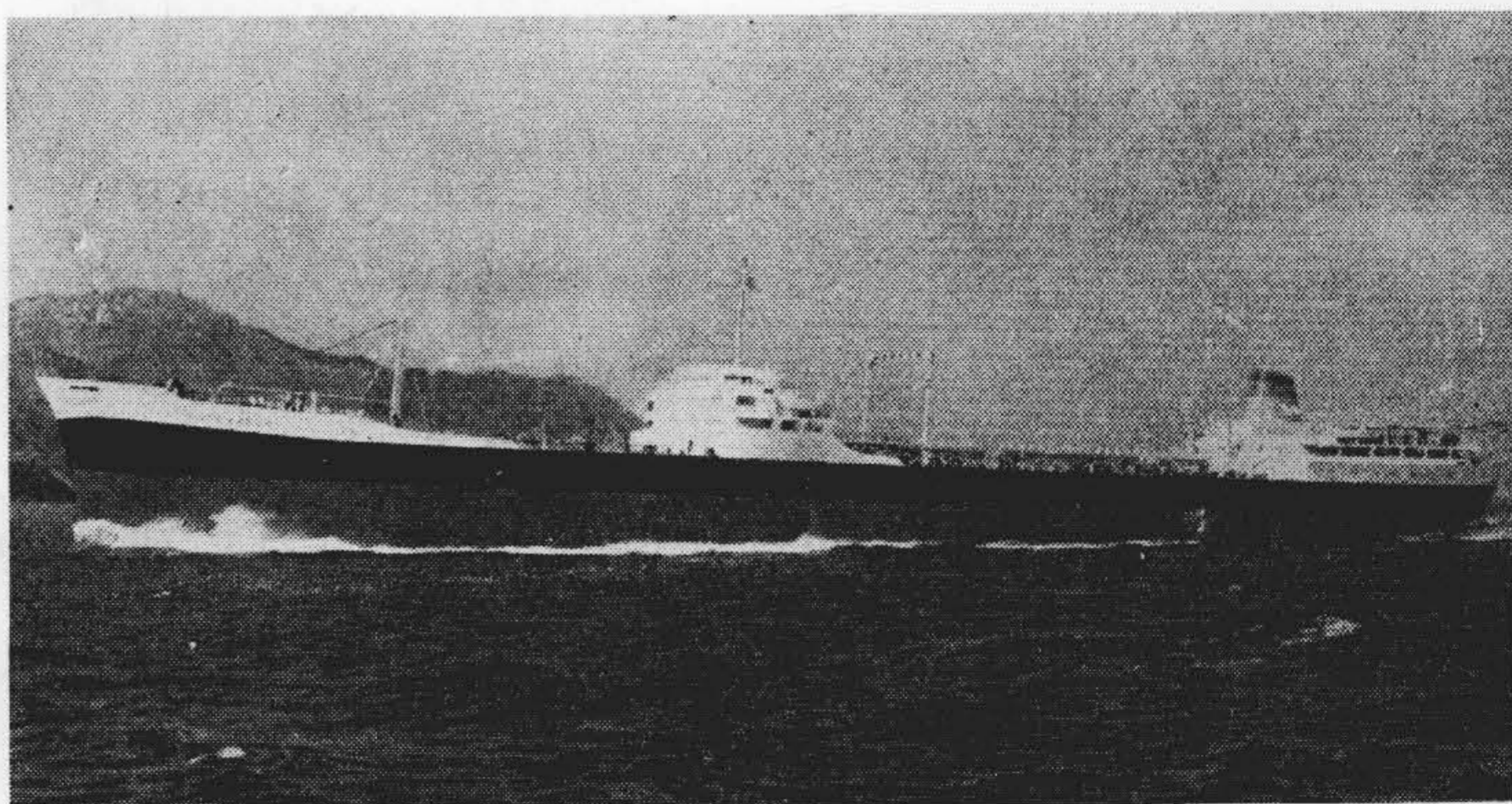
〔II〕 「アレキサンドラ1世」号の概要

(1) 本船の主要目

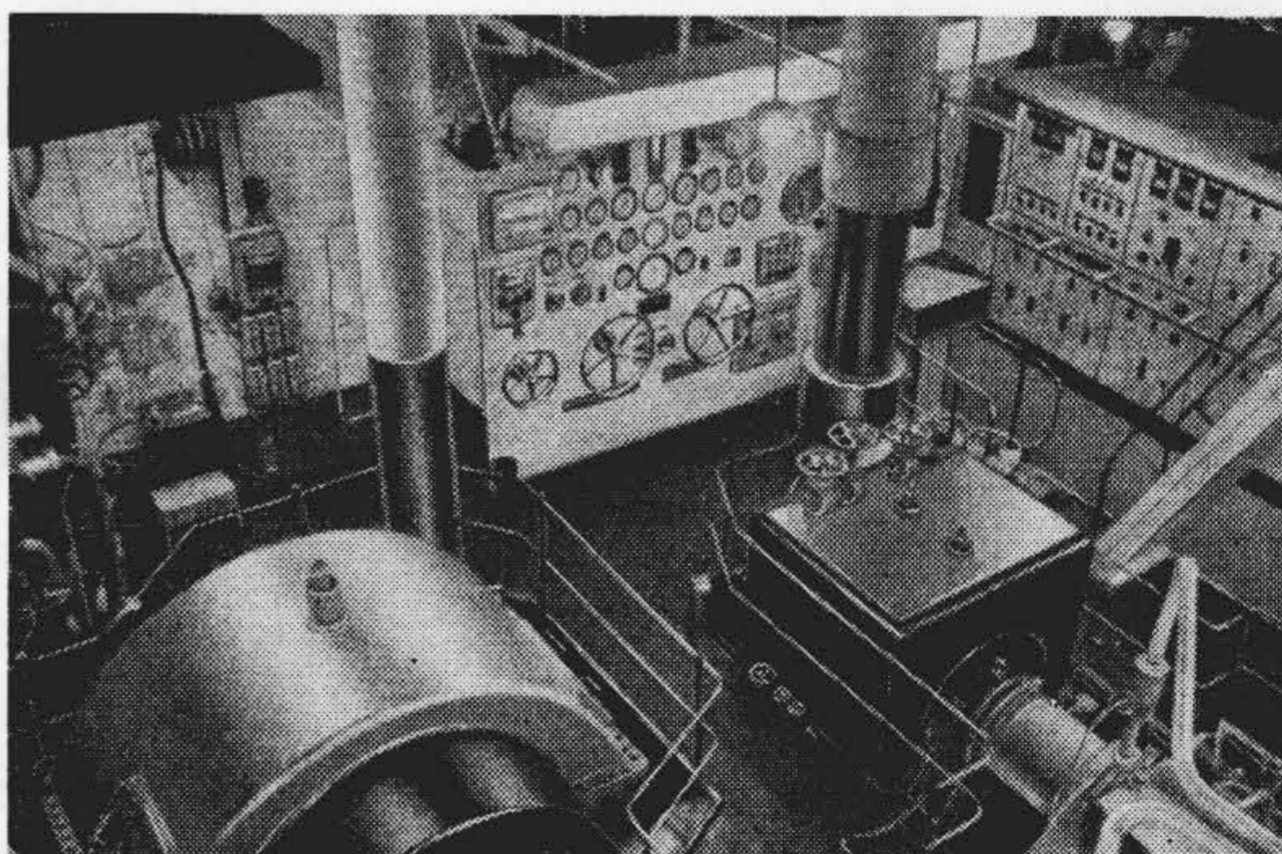
本船は現在各造船所で建造されている、超大形油送船の標準形とも称すべきもので、その主要目は第1表に示す。

(2) 機関部の概要

* 日立造船株式会社 因島工場



第1図 アレキサンドラ1世号の外観
Fig. 1. General Appearance of S.T. Alexandra-1



第2図 機関室内部
Fig. 2. Interior of Engine Room

本船の機関部は高温・高圧蒸気を採用し、熱経済の向上につとめた。主ボイラは前記の要目をもつたB & W2 胴水管ボイラで、従来の排気ガス加熱式の空気予熱器をやめ、そのかわりに主タービンの抽気を用いる蒸気加熱式空気予熱器を設けた。排気ガスの廃熱回収には節炭器の容量を増加し、これをさらに高温部・低温部の2部分にわけ、ボイラ効率の向上につとめた。主ボイラの自動燃焼装置をはじめ、自動給水加減装置、および船内の各種圧力調整弁、減圧弁などはすべて空気作動方式を採用して、機関部全般を近代化した。

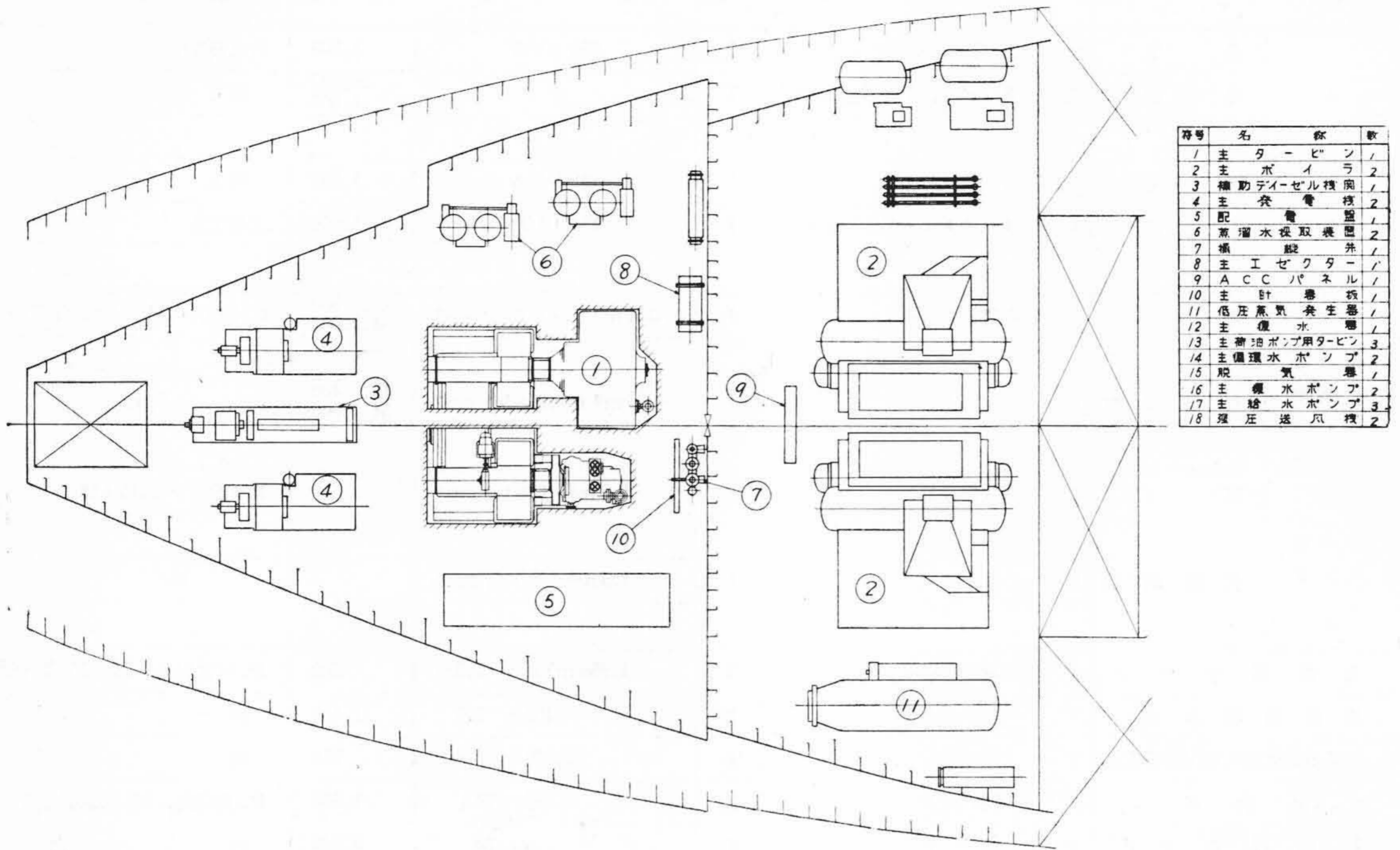
第1表 船体・機関部主要目表

船体	主要寸法	LPP	197.00 m	B	26.40 m	D	14.00 m	
	総噸数		20,926.20 t	載荷重量			33,368.6 Lt	
	速力		常用(満載) 16 kt	最大(17.074)			17.074 kt	
	燃料油庫		17.132 バレル		航続距離		12,600 哩	
燃料油消費 (常用量出力, 航海時)		77.1 t/day (高位発熱量 10.280 kcal/kg)						
船級		ロイド * 100A1 "CARRYING PETLOLEUM IN BULK" * LMC						
主タービン	形式および台数	全衝動式2段減速装置付クロスコンパウンド形蒸気タービン 1台						
	出力	SHP	13,500	連続最大	15,000	過負荷	15,500	
		r p m	105		108.5		109.7	
	蒸気消費率(主タービン)	常用	2.772 kg/SHP-h					
	蒸気状態	圧力 41.1 kg/cm ² G			温度 449°C			
	重量	約 142 t	製作所	日立製作所				
主復水器	形式および台数	複流形表面冷却式 1台						
	冷却面積	1,347 m ²	冷却管	外径 19φ アルミプラス				
	真空	722 mmHg			海水温度 25°C			
	重量	約 39 t	製作所	日立製作所				
軸系	軸径および数	スラスト軸	主タービンに含む			軸	スラスト	主タービンに含む
		中間軸	505φ	2		中間	2	
		プロペラ軸	590φ	1		船尾	1	
		軸馬力計	日立造船所式 III型			船尾管	1	
プロペラ	形式および数	エロfoil 5枚羽根1体式 1						
	寸法 (mm)	直径 6,800φ	ピッチ 4,630		ピッチ比 0.681			
	面積 (m ²)	全円 36.32	展開 21.82		展開面積比 0.6			
	重量	約 28 t	材質	マンガン黄銅		製作所 尼崎製鉄所		
主ボイラ	形式および台数	船用2胴水管式 2台						
	寸法 (mm)	蒸気ドラム 1,220φ			水ドラム 762φ			
	蒸気状態	圧力 42.2 kg/cm ² G		温度 455°C		給水温度 121°C		
	蒸発量 (kg/h)	常用	25,492×2	最大	36,968×2			
	燃料消費量 (kg/h)		1,800×2		2,450×2			
	ボイラ効率		0.88		0.875			
	重量	約 127 t × 2	製作所	バブコック日立株式会社				
低圧蒸気発生器	形式および台数	横形加熱管式 1						
	面積 (m ²)	伝熱 140						
	蒸発量 (kg/h)	常用 690			最大 20,400 給水温度 133°C			
	蒸気状態	7 kg/cm ² 飽和			8.4 kg/cm ² 飽和			
	加熱蒸気状態	8.4 kg/cm ² 抽気			24.6 kg/cm ² 緩熱蒸気			
	製作所	日立造船・因島工場			重量	約 11 t		

船 用 機 関 の 機 装 に つ い て

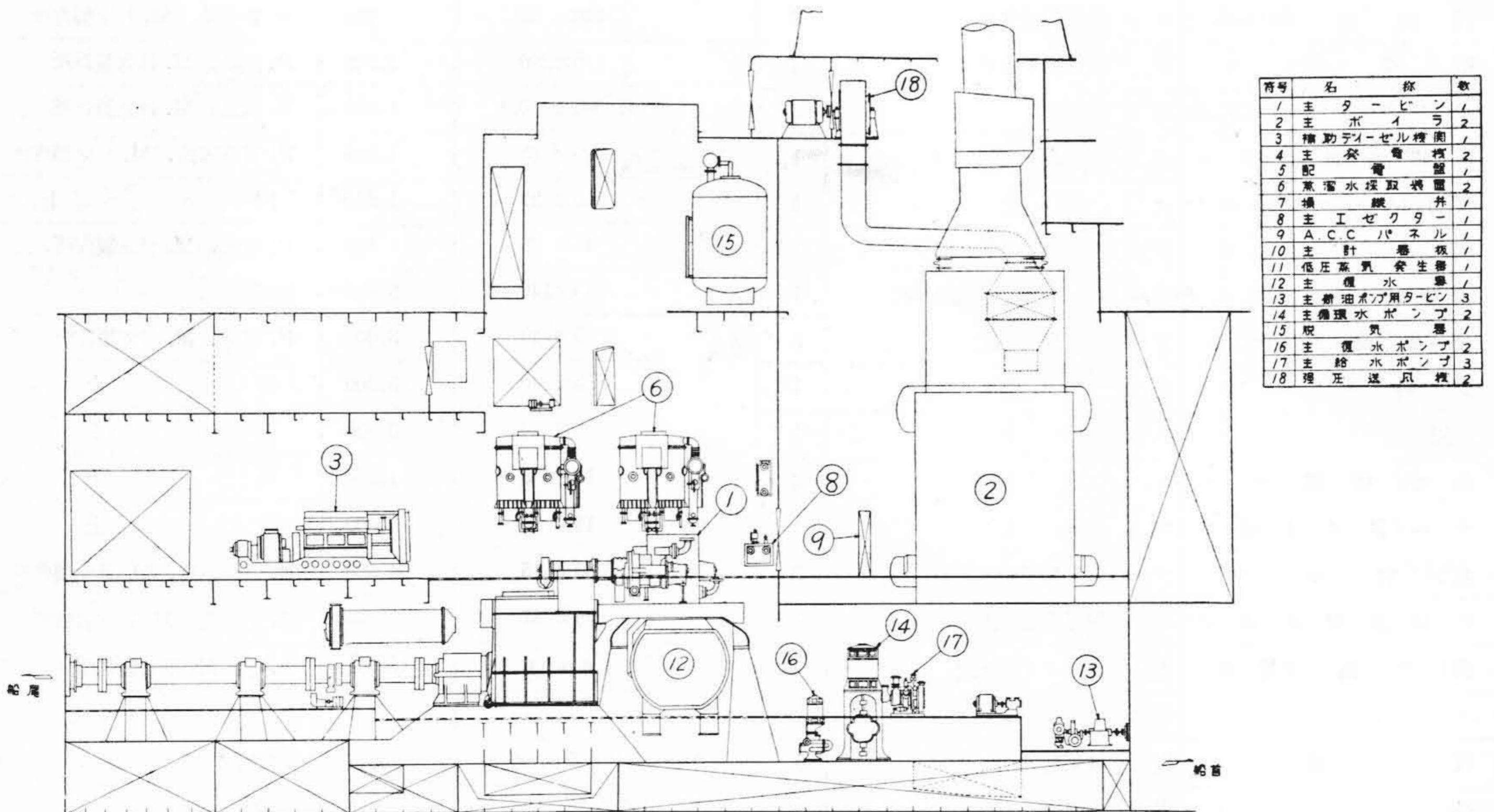
Table 1. Principal Particulars of Hull and Engine Part

名 称	形 式	台数	容 量	毎分回転数	製 作 所	
主	発 電 機	自己通風防滴型	2	650 kVA	1,500	日立製作所
	原 動 機	タービン, 1段減速装置付	2		10,000 1,500	同上
非常用	発 電 機	自己通風防滴形	1	125 kVA	1,000	同上
	原 動 機	4サイクル・ディーゼル	1	160 BHP	1,000	大発工業
空 気 圧 縮 機	雑 用	横電動空冷式	1	3.4 m ³ /m ³ ×8.8 kg/cm ²	C. 550 M.1,000	C. 田辺・M. 日立製作所
	自 動 調 整 用	同上	1	0.65 m ³ /m ³ ×8.8 kg/cm ²	C. 400 M.1,000	同上
空 気 タ ン ク	雑 用	鋼板溶接製	1	1.5 m ³ ×8.8 kg/cm ²		日立造船・因島工場
	自 動 調 整 用	同上	1	1.5 m ³ ×8.8 kg/cm ²		同上
主 循 環 水 ポ ン プ	縦電動渦巻式	2	1,950 m ³ /h× 7.5m	600	P. 日立因島, M. 日立製作所	
補 助 循 環 水 ポ ン プ	同 上	2	400× 7.5	1,500	同 上	
荷油ポンプ復水器用循環水ポンプ	同 上	1	1,300× 7.5	750	同 上	
主 復 水 ポ ン プ	同 上	2	55× 70	1,500	P. 新三菱, M. 日立製作所	
補 助 復 水 ポ ン プ	同 上	2	6× 70	3,000	同 上	
復 水 兼 ド レ ン ポ ン プ	同 上	2	35× 45	3,000	同 上	
主 給 水 ポ ン プ	横タービン駆動渦巻式	3	85×600		PACIFIC	
浄 離 剤 注 入 ポ ン プ	横電動プランジヤ式	1	0.4×700	196	P. 帝国, M. 日立製作所	
低圧蒸気発生器用 給水ポンプ	ウエヤース式	2	24×150	23	帝国	
潤 滑 油 ポ ン プ	縦電動歯車式	2	140× 35	750	P. 新三菱, M. 日立製作所	
噴 燃 ポ ン プ	横電動イモ式	2	6×280	1,500	P. 川崎, M. 日立製作所	
ボ イ ラ 用 強 圧 送 風 機	横電動	2	47,000× 0.4	1,500	F. 大送, M. 日立製作所	
消 防 兼 雑 用 ポ ン プ	縦電動渦巻式	1	90× 85	1,500	P. 日立因島, M. 日立製作所	
ビ ル ジ ・ パ ラ ス ト ポ ン プ	同 上	1	160× 25	1,500	同 上	
ビ ル ジ ポ ン プ	縦電動ピストン式	1	15× 35	108	P. 帝国, M. 日立製作所	
消 防 兼 パ タ ワ ー ス ポ ン プ	横タービン駆動渦巻式	1	145×140	3,600	新三菱	
甲 板 洗 滌 ポ ン プ	横電動渦巻式	2	5× 40	3,000	P. 帝国, M. 日立製作所	
飲 料 水 ポ ン プ	同 上	1	3× 40	3,000	同 上	
同 上	同 上	1	3× 40	3,000	同 上	
温 水 循 環 ポ ン プ	同 上	2	10× 5	1,500	同 上	
サ ニ タ リ イ ポ ン プ	同 上	1	15× 35	3,000	同 上	
海 水 ポ ン プ	縦電動渦巻式	2	60× 15	1,500	P. 日立因島, M. 日立製作所	
燃 料 油 移 送 ポ ン プ	縦電動歯車式	1	75× 37	750	P. 新三菱, M. 日立製作所	
潤 滑 油 清 浄 機	シャープレス式	2	1.6 m ³ /h	15,000	P. 巴, M. 日立製作所	
揚 錨 機	横気動式	1	35T× 9 m/m	98.5	東京機械	
揚 貨 機	同上	3	10T×30 m/m	118	同上	
舵 取 機 械	電動ジャーネー式	1	最大 82 t-m	600	S. 三菱造船, M. 日立製作所	
主 荷 油 ポ ン プ	横タービン駆動渦巻式	3	1,300 m ³ /h× 88m	1,750	P. INGERSOLL RAND M. GENERAL ELECTRIC	
残 油 ポ ン プ	ウォーシントン式	2	270× 88	22	日立造船, 因島工場	



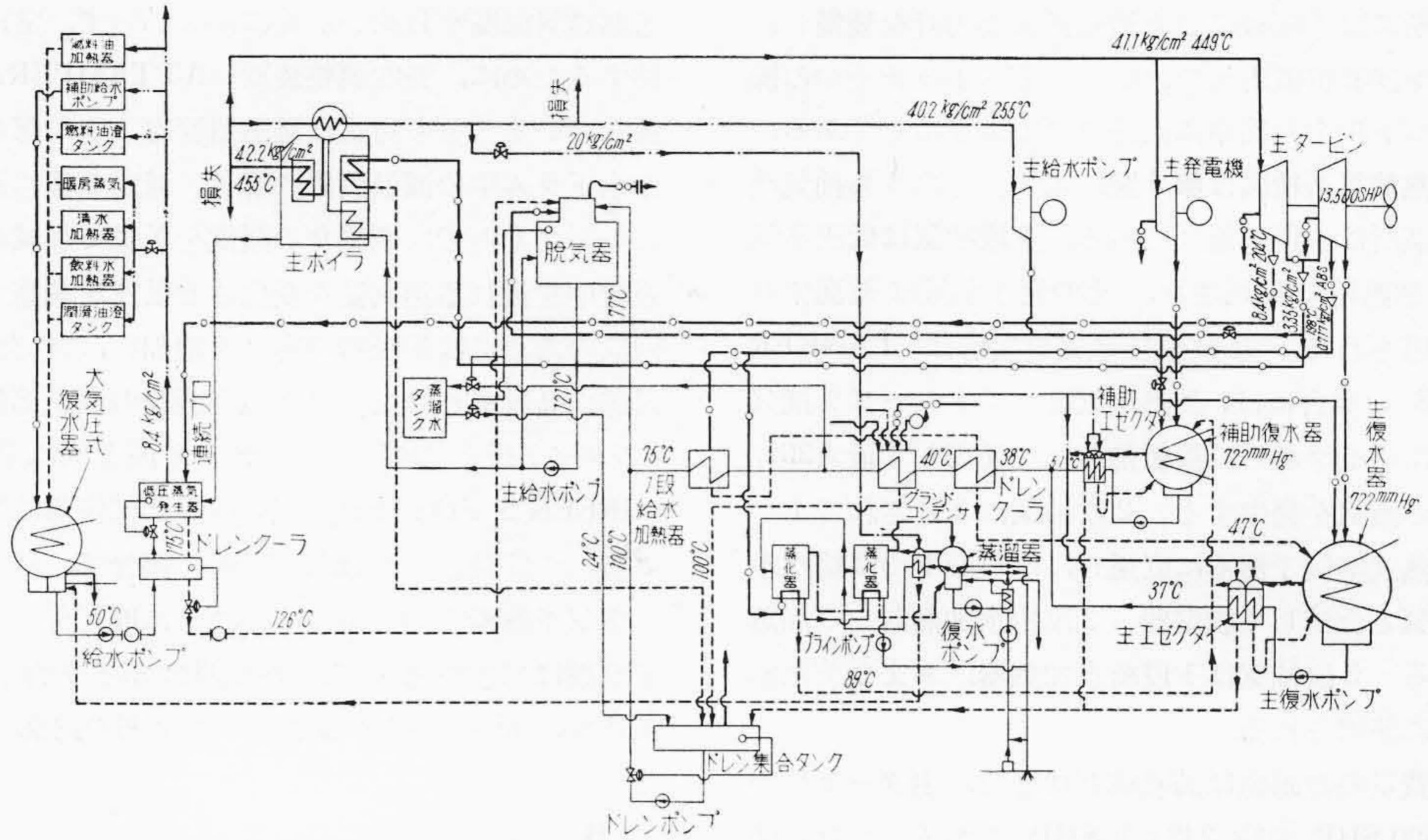
符号	名称	数
1	主タービン	1
2	主ボイラ	2
3	補助ディーゼル機関	1
4	主発電機	2
5	配電盤	1
6	蒸溜水採取装置	2
7	換気井	1
8	主イゼクター	1
9	A.C.C.パネル	1
10	主計器板	1
11	低圧蒸気発生器	1
12	主復水器	1
13	主給油ポンプ用タービン	3
14	主循環水ポンプ	2
15	脱気器	1
16	主復水ポンプ	2
17	主給水ポンプ	3
18	連圧送風機	2

第3図 機関室平面図
Fig. 3. Plan of Engine Room



符号	名称	数
1	主タービン	1
2	主ボイラ	2
3	補助ディーゼル機関	1
4	主発電機	2
5	配電盤	1
6	蒸溜水採取装置	2
7	換気井	1
8	主イゼクター	1
9	A.C.C.パネル	1
10	主計器板	1
11	低圧蒸気発生器	1
12	主復水器	1
13	主給油ポンプ用タービン	3
14	主循環水ポンプ	2
15	脱気器	1
16	主復水ポンプ	2
17	主給水ポンプ	3
18	連圧送風機	2

第4図 機関室縦断面図 (左舷側)
Fig. 4. Longitudinal Diagram of Engine Room



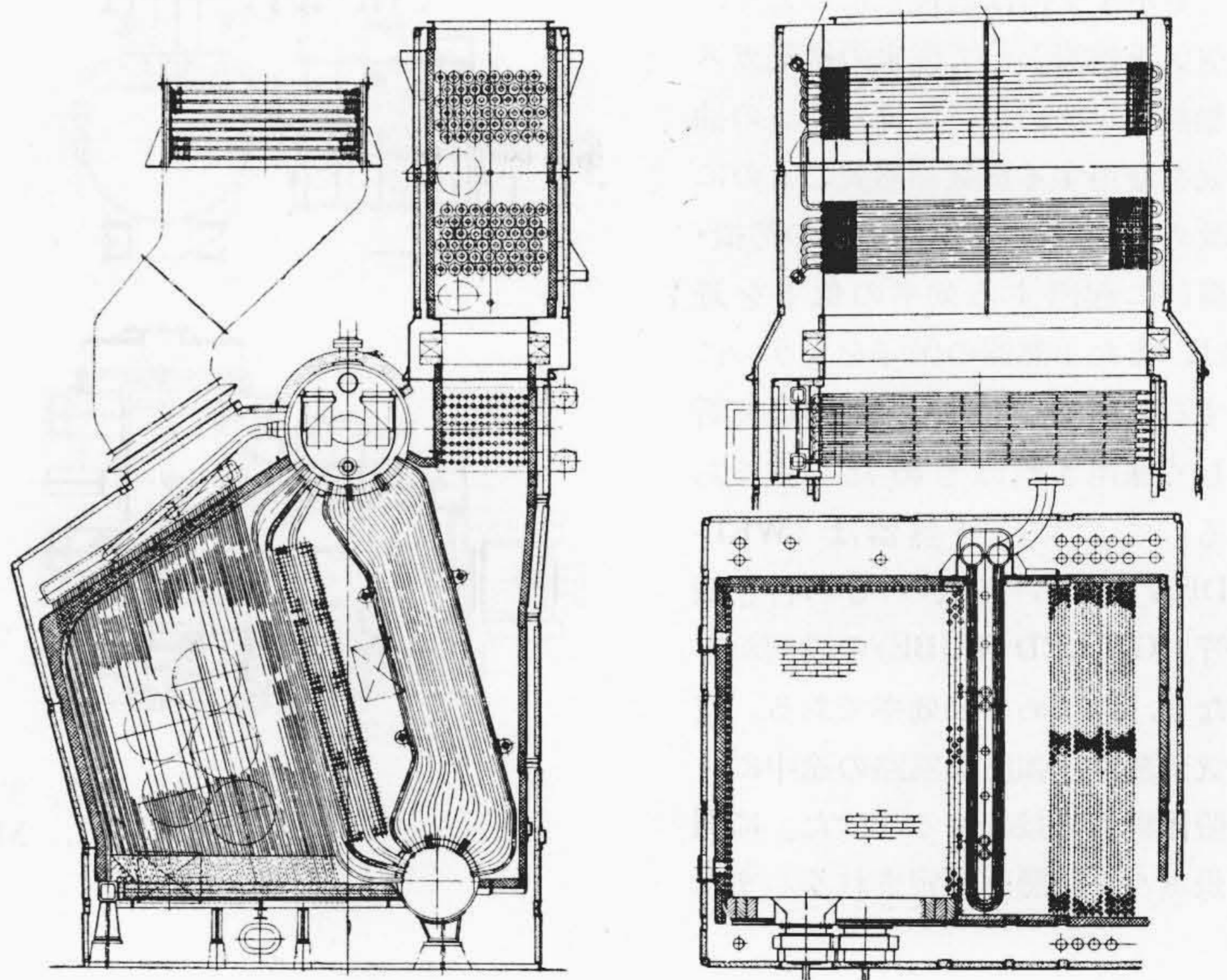
第5図 熱 精 算 系 統 図
Fig. 5. Schematic Diagram of Steam and Feed Line

主タービンは前記の力量で熔接構造を大幅に採用し、抽気は3段に行い、プラント全体の熱効率を高めている。

発電装置は主発電機の外に非常用ディーゼル発電機を備え、交流 450 V, 50サイクルで機関室諸補機および船内電源をまかなっている。補機動力には 440V を用い、点灯および無線装置は交流 115V である。非常用発電機は主発電機の電圧が80%以下に低下した場合に、バッテリーによつて自動的に起動し、舵取機械そのほかの保安機器類に電力を供給する。

本船の機関部は第3図および第4図に示すごとく、ボイラ室を船首側に、機械室を船尾側に配置し、その間に隔壁を設けてある。操縦床面はボイラ室機械室ともに完全な同一平面として、機関部員の日常の行動と、機器類の開放取扱に便ならしめた。

ボイラ室には主ボイラ、低圧蒸気発生装置、自動燃焼装置類、およびそのほかの関連機器類を置き、機械室には船首側に主タービン、船尾側に発電装置、右舷側に配電盤、左舷側に蒸溜水採取装置を配置した。そのほかの補機類はすべて取扱、監視に便利な位置に設けてある。



第6図 ボイラ 全 体 図
Fig. 6. General Appearance of Boiler

主荷油ポンプ室はボイラ室の直前に設け、主荷油ポンプは蒸気タービン駆動の渦巻ポンプでボイラ室下段の原動機から、隔壁を貫通する駆動軸によつて運転される。

このような機関室配置では、従来の主ボイラを主タービンの船尾側に配置した油送船と比較して、諸管は整然と布設され、かつその長さは短くなり、特に機械室の温度が涼しくなつて好都合である。

なお本船には中間軸に日立造船式軸馬力計を装備し、主タービン操縦位置附近で、いつでもスイッチ一つの操作でタービン出力を簡単に直読できるようにしてある。

本船の熱精算系統図は第5図に示す。そのうち抽気蒸気の使用箇所はつぎの通りである。1段抽気は低圧蒸気発生器の加熱用に使用され、その発生蒸気は航海中の雑用に使用される。なお低圧蒸気発生器は TANKER SERVICE の場合には、加熱蒸気として主タービン抽気のかわりにボイラから直接緩熱蒸気を使用して最大20t、400 kg/h の蒸気を発生する。2段抽気は2分されて1つは蒸気加熱式空気予熱器に直通し、ほかの1つは給水ポンプの排気と合流して脱気器（2段給水加熱器）の加熱蒸気となる。3段抽気は1段給水加熱器、および蒸化器の加熱用に使用される。

燃料消費量の計画値は満載航海状態で、主タービンの出力 13,500 SHP の時 242 g/h/SHP である。ただし使用燃料の高位発熱量は 10,280 kcal/kg とする。

(3) 各機器の構造上の特長

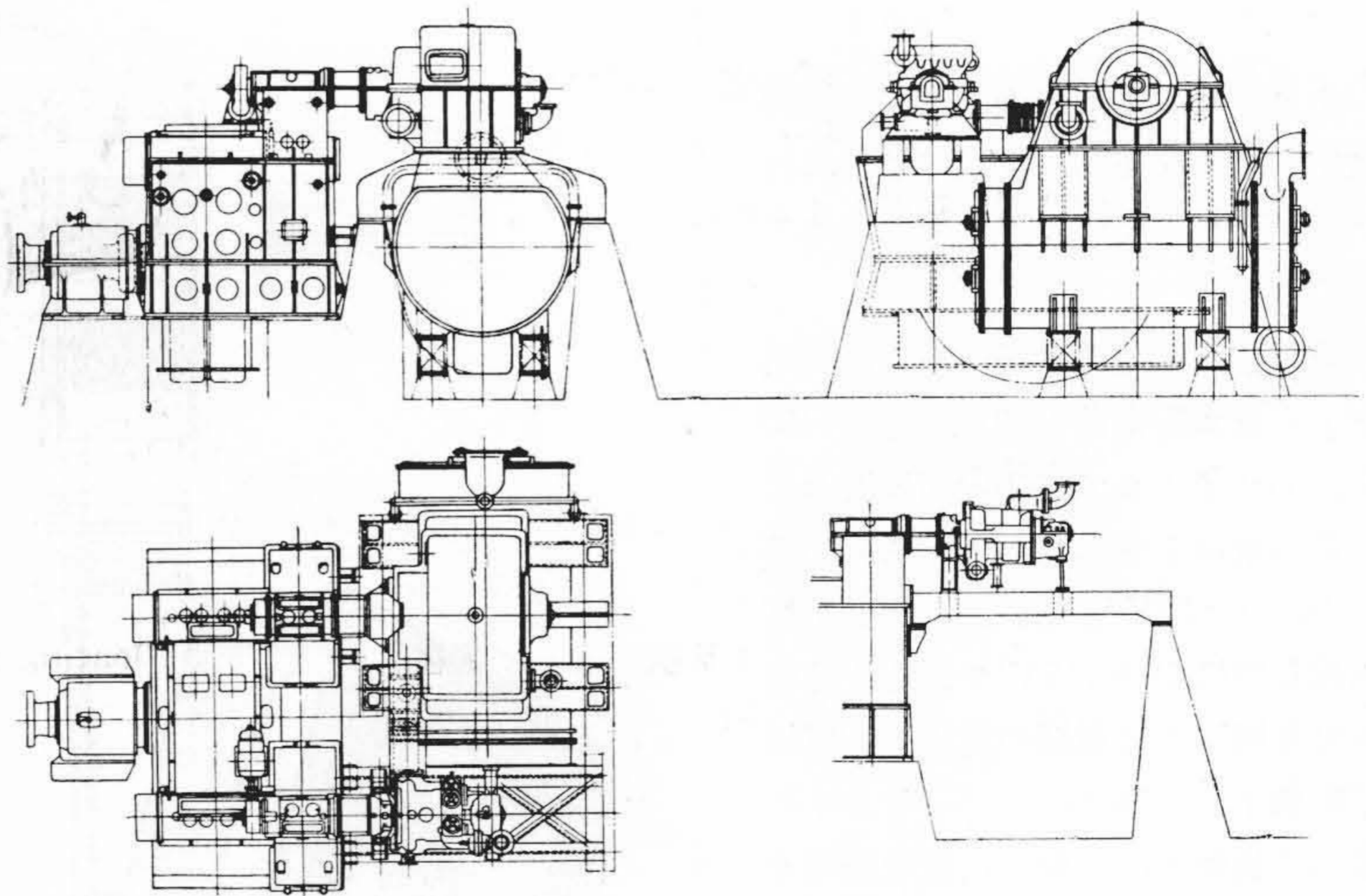
(A) 主ボイラについて

主ボイラには前述したごとく、空気予熱器として従来の排気ガス加熱式をやめて、主タービンの抽気を使用する蒸気加熱式のものに改めた。これは空気加熱管の汚損・腐蝕に起因する効率の低下を避け、また予熱器の保守をよいうにするため、近時欧米において新しく採用されはじめた方式である。この空気予熱器は「WEL-DEX」製で、多数の「ひれ付き鋼管」(GILLED TUBE)の段列からなり、きわめて高効率である。空気予熱器は強圧送風路の途中に、船体構造と接続する「けた」に引張ボルトで懸垂固定される。また

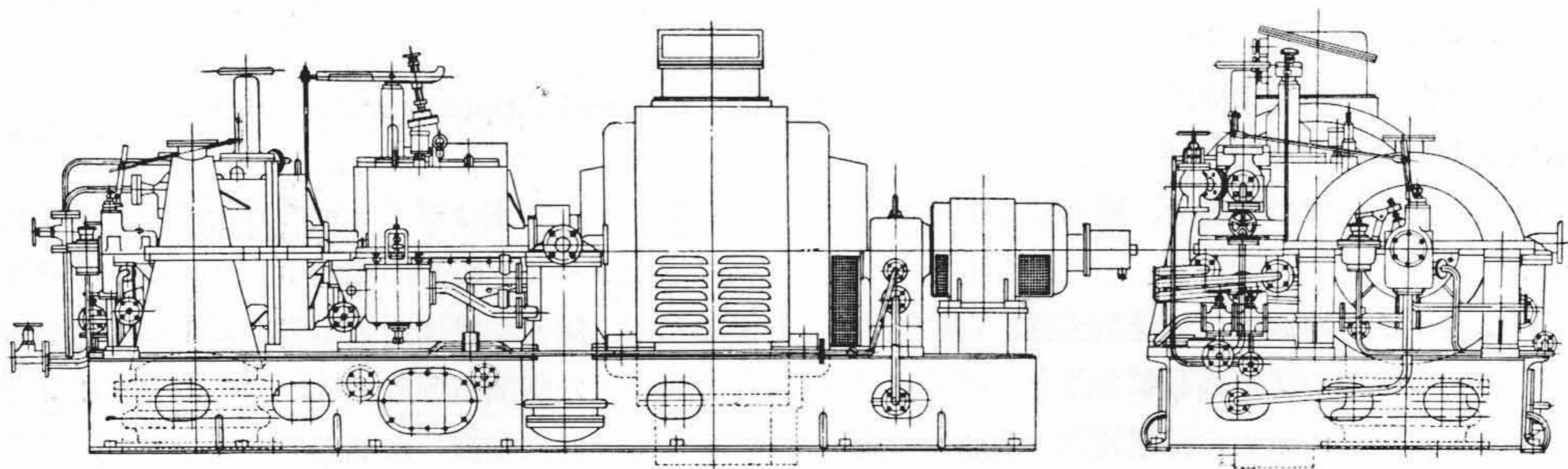
過熱蒸気温度を負荷いかにかわらず、常に一定に維持するために、温度調整装置 (ATTEMPERATOR) を備えている。その方式は過熱器管寄より一部の過熱蒸気を水ドラム中の減温装置に導き、減温の後に過熱器出口にもどすもので、調整弁の開度を手動で加減して、この系統中を流れる蒸気量を変化させ温度を調整する。廃熱回収のためには節炭器の容量を増加し、これを高温部・低温部の2段にわけた。日立製作所製の高温部節炭器は、「スタッド付き鋼管」製でボイラ囲上部に包含され、「GREEN'S FOSTER」製の低温部節炭器はアルミニウム製「つば付き」(GILL RING) 鋼管で、ボイラ囲の上に空気予熱器と同要領で「けた」に取り付けられる。ボイラ囲は二重空冷式で、外側囲はボイラ台甲板まで延長され、ボイラ据付部分はボイラ囲の内部に隠蔽される。

(B) 主タービンについて

主タービンは高圧・低圧タービンにわかれ、後進ター



第7図 主タービン図
Fig. 7. Main Turbine



第8図 主発電機
Fig. 8. Main Generator

ピンは低圧タービンの船首側に包含される。高圧タービンは支持「けた」の上に板バネを介して乗り、支持「けた」の船尾側は減速車室に、船首側は船体構造をなす据付台に固定される。主復水器は表面冷却式で胴体の上部は多数の補強材で強固に製作され、据付台に固定される。低圧タービンは主復水器の上に乗る、従来のごとく船体と直接の関係がない。減速装置は二段減速歯車式で熔接構造を大幅に採用し、2段親歯車も熔接製である。主スラスト軸受は強大なスラストが減速車室におよぼす影響を除くために、減速車室と完全に分離させて車室の船尾側に据付られる。本船では艙装の都合上、プロペラ軸心を下げるために、従来のごとく減速車室の下部に排油受皿を設けることが不能となり、第10図に示すごとく伸縮継手をもつた油囲を、直接二重底の潤滑油溜タンク頂板に熔接した。

(C) 主発電機について

原動機は1段減速式タービンで、発電機・励磁機および油冷却器などを、連続した共通台板上に一括してまとめている。各部の構造は熔接を大幅に採用し、原動機側・発電機側ともに3軸受方式で、発電機の回転数を1,500 rpmに高速化したことと相まって、その出力に比較して形状はきわめて小形・簡潔にまとめられている。

(4) 据付方法の概要

(A) ボイラ関係

a. 据付準備

ボイラ据付台は本船進水前に船台上で、ピアノ線およびストレートエッジを使用して平面仕上を行い、平面度検査、寸法検査を終了して据付準備を完了した。ボイラ据付台の高さは、平面仕上およびボイラ積込時の水平移動のためにも、本船のごとく完全に同一平面に含まれることは好都合であった。

b. 積込作業

ボイラは工場内で本体、燃焼室および内側囲まで組立し、進水後ただちに120 t海上クレーンで、1基ずつ積込した。積込時の変形に対しては十分考慮を払い、特に蒸気ドラム、水ドラムおよび水冷壁管寄の三者の間には、強固な補強を行つた。積込重量は補強材、積込用具類を含めて1基あたり約80 tである。まず左舷ボイラを積込、正規据付場所より左舷側にできるだけ水平移動し、つぎに右舷ボイラを正規位置に積込、その後左舷ボイラを正規位置に戻して本据付とした。ボイラ積込

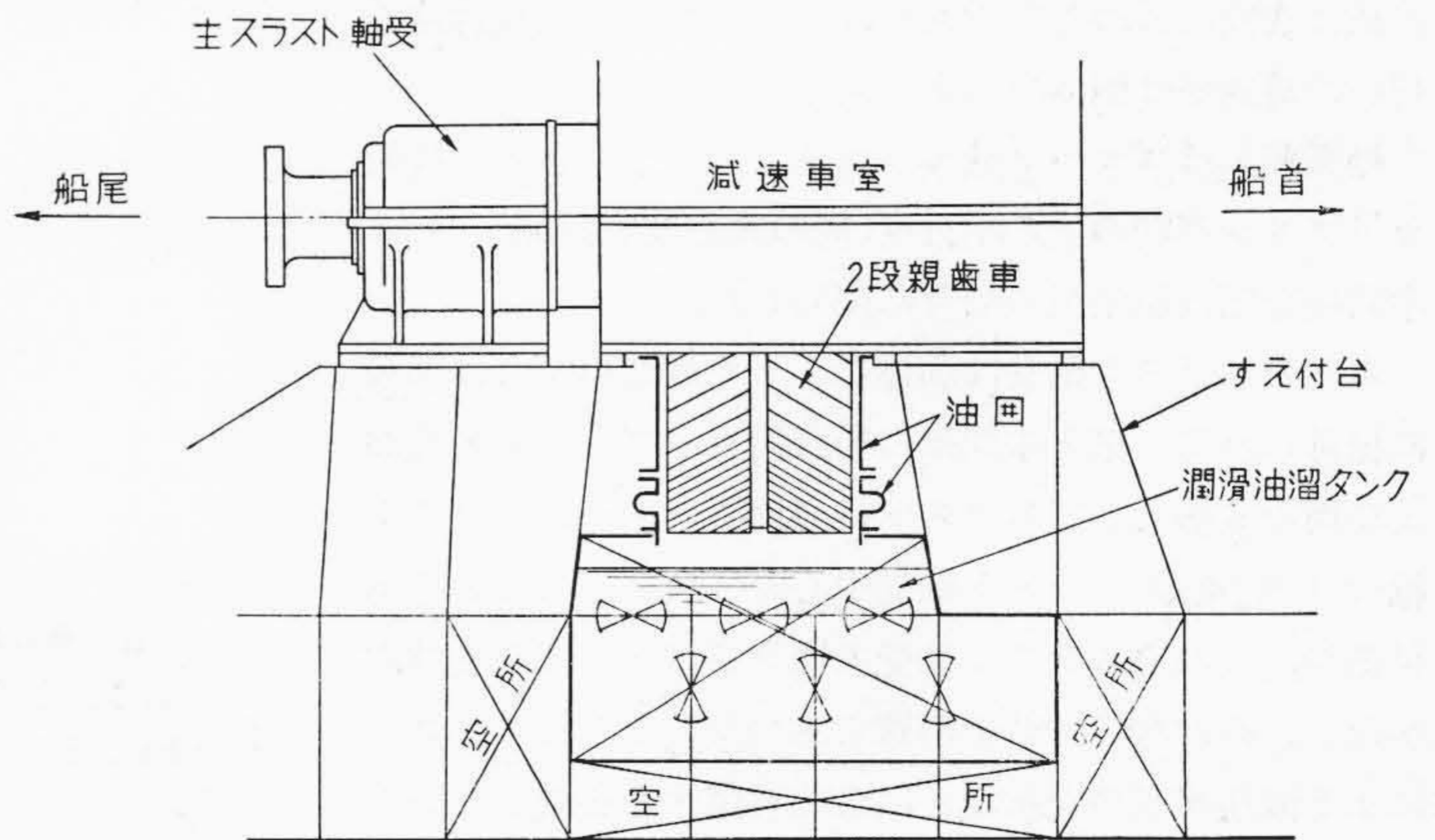
後は蒸気加熱式空気予熱器(1基約7 t)、高温部節炭器(1基約5 t)、低温部節炭器(1基約23 t)を順次積込、これらの支持けたと船体構造を固着し、その後煙路、強圧送風路、強圧送風機および煙突と、上部構造物を積込した。

c. 船内整備および諸試験

ボイラは船内において、陸上組立作業の残工事、煉瓦工事、諸付着品の取付、自動燃焼装置およびそのほかの



第9図 120 t 海上クレーンによるボイラの積込作業
Fig. 9. Loading of Boiler with 120-ton Floating Crane



第10図 減速車室下部要領
Fig. 10. Details of the Lower Part of Reduction Gear Casing

関連補機類の整備を行い、つぎの諸試験を施行した。

- (i) 水圧試験
- (ii) 乾燥焚
- (iii) ソーダ焚
- (iv) 内部検査
- (v) 安全弁封鎖試験
- (vi) 蓄気試験

(ii) (iii) の乾燥焚、ソーダ焚の実施要領は、すべてボイラ取扱説明書にしたがい、燃料は乾燥焚には薪を、ソーダ焚にはA重油(ディーゼル機関用重油)を使用した。乾燥焚はドラム圧力計にほとんど圧力を示さない状態で、できるだけ一定の燃焼状態を24時間継続した。このときの炉内温度は約300°Cである。ソーダ焚はボイラ内に苛性ソーダおよびソーダ灰の等量を投入し、ボイラ圧力3.5 kg/cm²の状態を12時間継続し、その間一定時間毎にボイラ水の吹出を行つた。

安全弁封鎖試験、蓄気試験はロイド検査員および船主側監督の立会の下に、それぞれ規則にしたがつて施行し、良好な成績で合格した。

(B) 主タービン関係

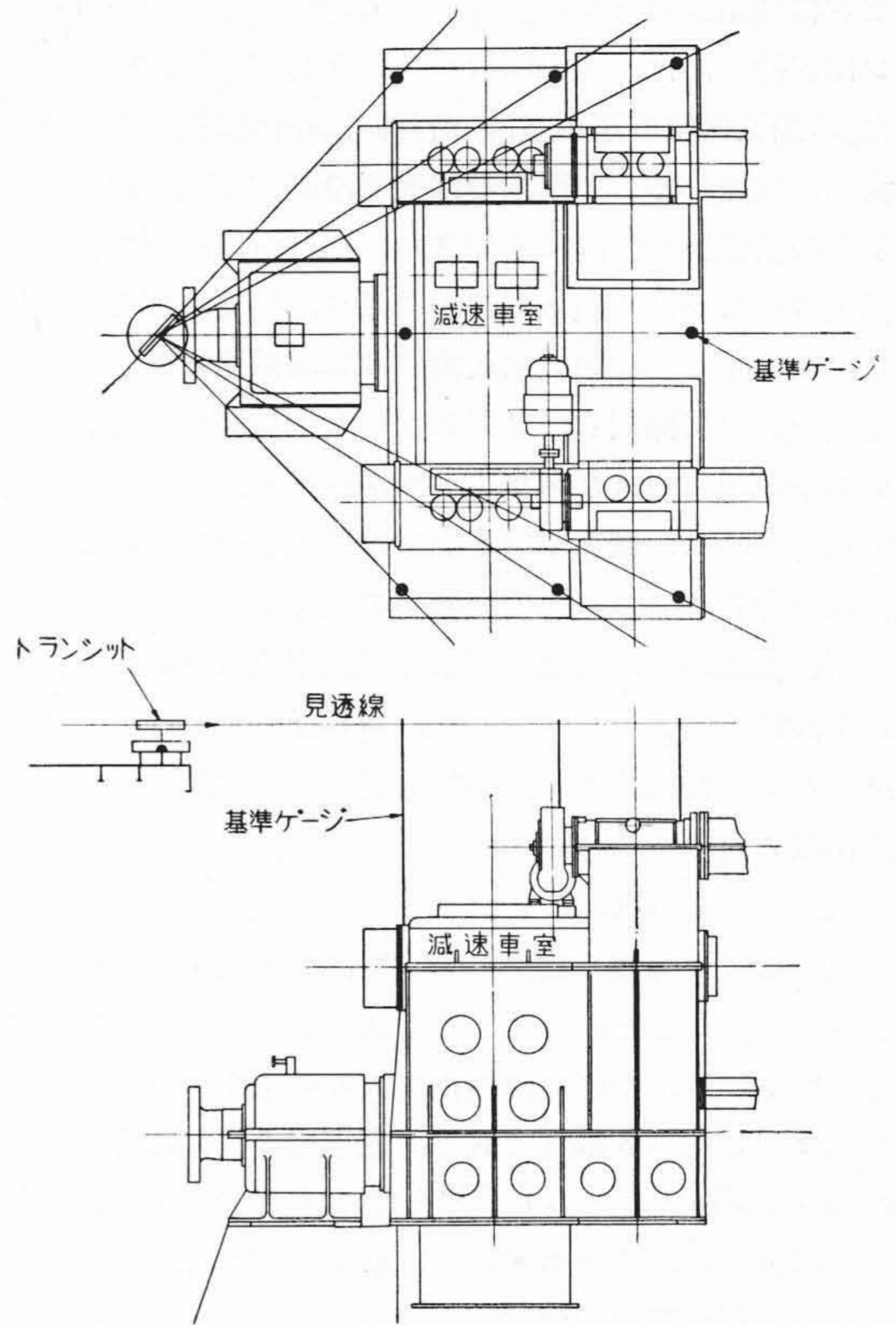
主タービンの据付作業はつぎの段階に大別される。

- a. 軸心見透
- b. 軸系配列据付
- c. 主スラスト軸受据付
- d. 減速装置据付
- e. 高圧・低圧タービン据付(主復水器を含む)

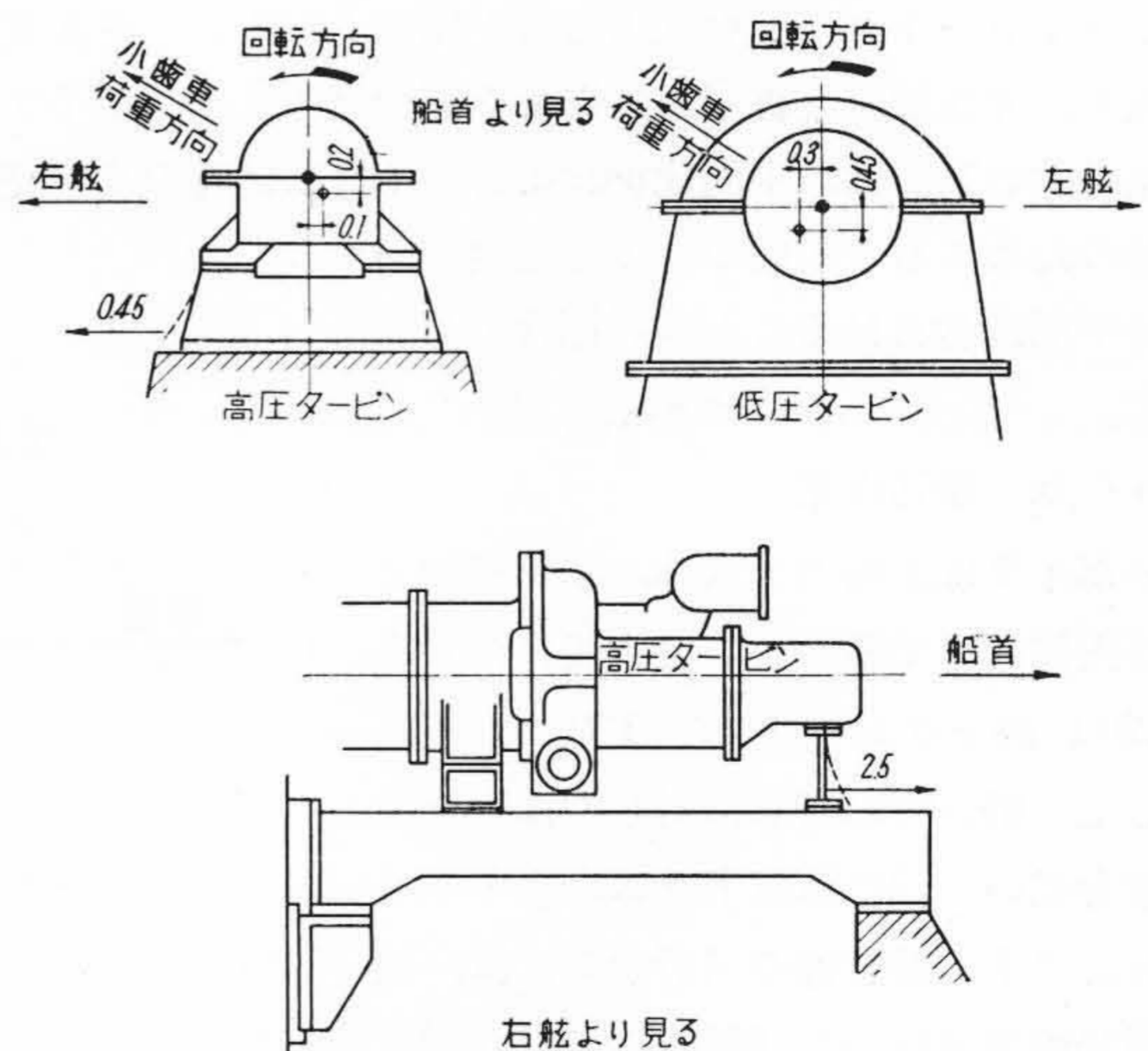
軸心見透は進水前に船台上で行うが、船体は建造中に種々の要素たとえば気温の変化、太陽の位置、船体構造方式、工事の進捗度、潮汐の干満、船の大小などによつて、微妙なひずみを発生するために、これらに対して十分な考慮が必要である。軸心見透作業は温度影響を除くために夜間に行つた。本船ではこの作業は光源見透法で行い、見透線は図面指示より若干上に修正した。

軸系配列はプロペラ軸カップリングを基準とし、接続カップリング間の面の平行度、周の同心度を計測しつつ、中間軸を順次船尾から船首に配列した。

本船のスラスト軸受は前述のごとく減速車室とは別箇に据付られる。第1中間軸の船首側カップリングの面および周を基準としてスラスト軸の位置を求め、スラスト軸つばの中心とスラスト軸受中心を一致させるごとく据付るが、この主スラスト軸受にはラジアル方向の支持面がないため、据付は若干困難であつた。ただしスラストによる減速車室の変形などは全く考慮する必要がないため、大出力タービンの場合は構造的にすぐれていると思われる。減速車室は海上クレーンで積込、「トランシット」法によつて仮据付を行つた。すなわち積込後スラスト



第11図 減速車室据付要領
Fig. 11. Installation of Reduction Gear Casing



注 ●印タービンロータ中心 ○印小歯車中心 寸法はmm
第12図 タービンロータ「OFFSETTING」要領
Fig. 12. How to Offset the Turbine Rotor

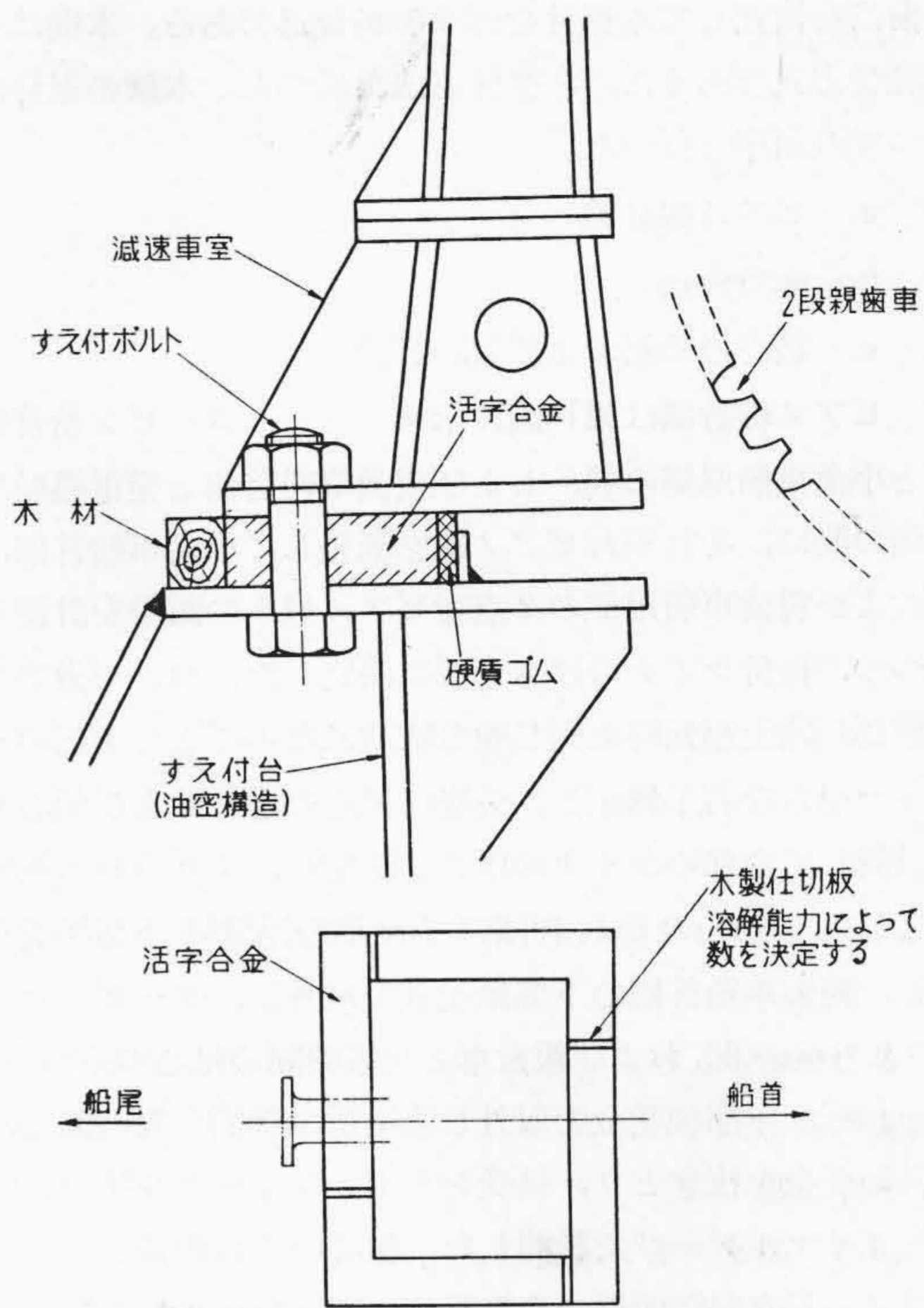
ト軸の船首側カップリングの面および周を基準として2段親歯車の位置を定める。つぎに減速車室全体をひずみなく正しい位置・状態に置くために第11図に示すごとく

主要箇所基準ゲージをたて、これらのゲージの先端に設けられた刻印を「トランシット」によつて見透し、すべての刻印が同一平面に含まれるごとく据付ライナの厚さを仮に決定する。基準ゲージに設けられた刻印は、あらかじめ日立製作所において陸上試験台に減速車室があるときに、同様な要領で「トランシット」見透平面にきざんで置いた。最後に減速歯車の歯当り検査を行い、各歯車の噛合状態が陸上試験台と同様になるごとく、1部のライナの厚さを若干修正して据付ライナ全部の厚さを最終的に決定し、ライナを入念にすり合せして本据付を行つた。

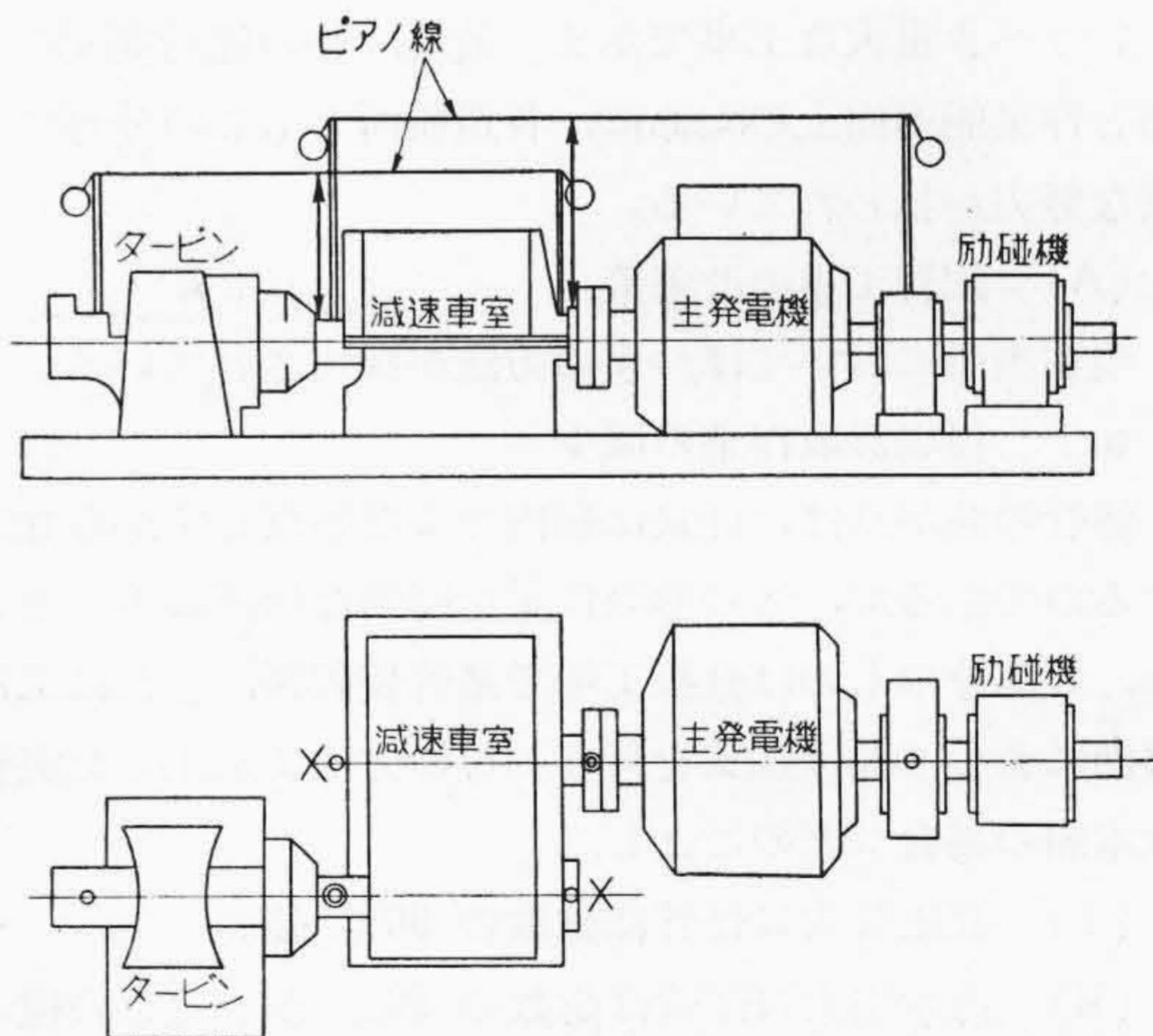
高圧・低圧タービンの据付は、減速1段小歯車の軸を基準として、面および周とも一致せしめるのが普通であるが、本機では日立製作所の推奨によつて、いわゆる「OFF SETTING」法を採用した。すなわち運転状態において、タービンロータと小歯車軸の軸心が完全に一致するごとく、熱膨脹・噛合反力などを考慮して、冷態停止時では第12図に示すごとく、タービンロータを小歯車軸に対して若干外方かつ上方に偏移させた。ただし面の平行度は従来と同様に完全平行とし、さらに高圧タービンではその上に、タービン船首側支えの板バネ下部を船首方向かつ外方に若干よせて「COLD SPRING」をつけた。この「OFF SETTING」法は日立造船としては最初のケースであつたので、据付作業は特に入念に行い、運転中はタービン付近の振動を後述のごとく詳細に計測し、運転後はタービンロータと小歯車軸の咬合継手を精密に開放検査した。その結果はなんらの異状も認められず、この方式が従来のものより遥かに合理的であることが判明した。ただし「OFF SETTING」の量については十分な計算と経験によつて慎重に決定すべきものと思う。本機の低圧タービンは前述のごとく、主復水器の上に乗る、直接船体構造の据付台には接続していない。このため主復水器の変形が低圧タービンの軸心におよぼす影響を考慮して、主復水器の海水出入口部には、特殊ゴム製のたわみ継手を挿入し、そのほか主復水器に直接接続する諸管は、曲がりの形状あるいは伸縮継手を設けるなど十分な対策を行つた。

最近欧米において減速車室の据付に、据付ライナを使用せず、そのかわりに第13図に示すごとく船体構造の据付台を油密にして、硬質ゴムおよび活字合金を溶解・注入して固着さす方法が新しく採用され、我国においてもこの方法を実施している造船所もあると聞いているが、この方法について工数の節減、工程の短縮、注入合金の収縮変化および原価面などについて今後検討する余地があると思う。

(c) 主発電機関係



第13図 減速車室据付要領 (溶解金属使用のもの)
Fig. 13. Installation of Reduction Gear Casing (when molten metal used)



(注) ○印ピアノ線支持点 ◎印ピアノ線との距離計測点
×印軸心の垂れ計測点

第14図 主発電機据付要領
Fig. 14. Installation of Main Generator

従来の主発電機は原動機、発電機ともに4軸受方式であるため、その据付も主タービンと同様にタービンロータと小歯車軸のカップリング間で、面の平行度、周の同心度を計測しつつ、据付ライナの厚さを調整し、つぎに

歯当を検査して本据付を行うのが普通である。本機は3軸受方式であるため、据付方法が異つた。本機の据付はつぎの順序で行つた。

- a. ピアノ線計測
- b. 歯当検査
- c. 軸心の垂れおよび偏心計測

ピアノ線計測は第14図に示すごとく、タービン船首側と小歯車船尾側の間、および親歯車船首側と発電機船尾側の間に、それぞれピアノ線を緊張し、小歯車船首部、および親歯車船尾部の2点でピアノ線との距離を計測しつつ、据付ライナの厚さを仮に決定した。ついで歯当を確認し陸上運転時と同じ噛合状態になるごとく1部のライナ厚さを若干修正し、最後に軸心の垂れおよび偏心を計測して全部のライナの厚さを決定し、すり合せ本据付とした。軸心の垂れ計測は小歯車船尾側の下部軸受金と、親歯車船首側の下部軸受金を取外し、タービンロータと小歯車間、および親歯車と発電機間の軸心の垂れを、それぞれ下部軸受金を取外した場所で計測した。偏心は各軸受金を抜きとり、軸受シートとジャーナル間の距離をダイヤルゲージで計測した。軸心の垂れおよび偏心の量は、日立製作所指示の許容値以内に納めた。この計測は3軸受方式の据付には重大な要素となるため、特に慎重に行つた。

(5) 配管工事について

配管工事は機関部艤装工事の末尾に当り、艤装の山ともいべき重大な工事である。最近、船の建造期間の短縮と作業能率向上のために、各造船所ともこの分野に真剣な努力が払われている。

(A) 配管工事の改善策

現在当所においてはつぎの方法が採用されている。

a. 現場形取作業の減少

諸管の曲がり、従来は船内で1度型取してから加工するのであるが、この形取作業を特別な場所のみにとどめ、大部分のものは直接工場で諸管装置図、または工作図面によつて曲げ加工を行う。この方法で加工した実績は本船の場合つぎのごとし。

- (i) 高圧管大口径管は総数の90%強。
- (ii) 海水用大口径管は総数の50%弱。(この種の管は床板下部の狭い場所に布設されるものが多いため、この方法を実施しがたい。)

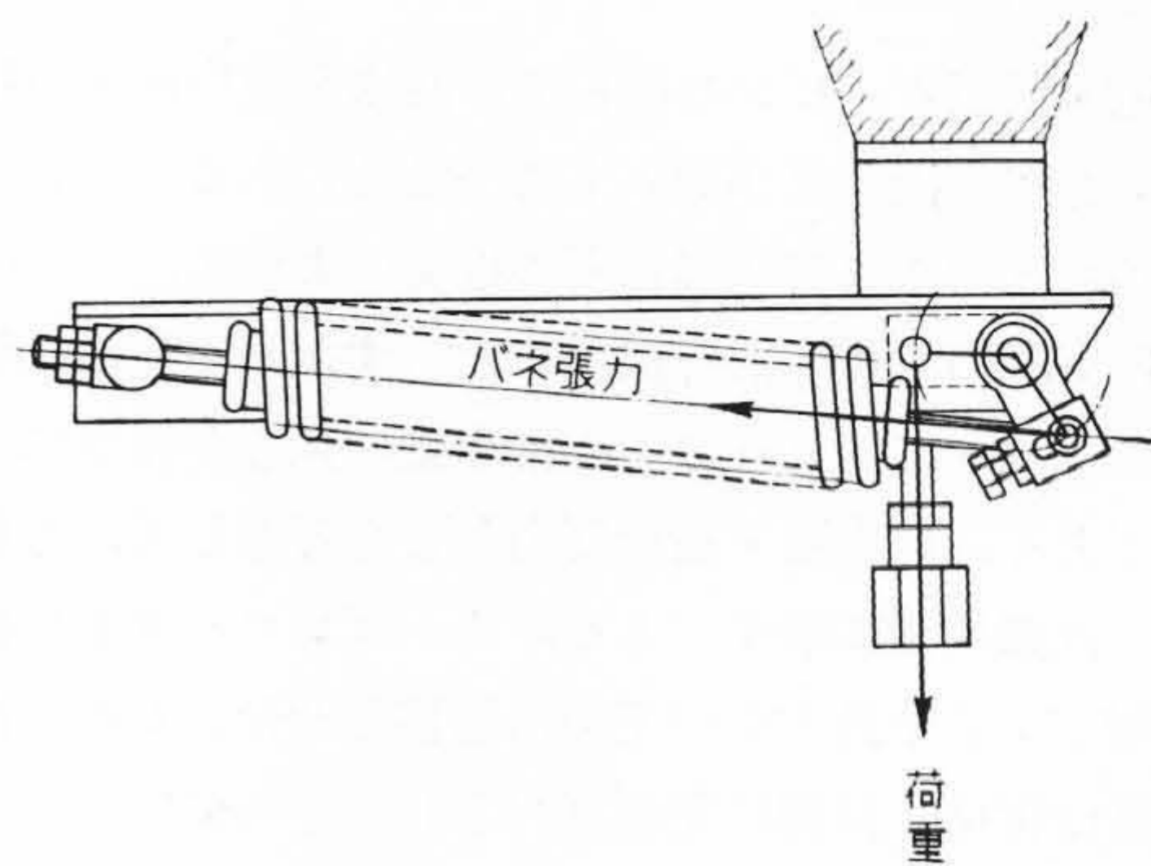
b. 管曲機 (PIPE BENDER) の使用

従来の管曲方法は、砂づめ・加熱・曲げ加工・砂抜および内部掃除の段階を経ていたが、管曲機を使用してこの作業を、冷間で1工程にて終了せしめる。日立造船では3台の管曲機を使用して、配管工数を大幅に減少せしめている。本船の場合呼び径150mm以下の低圧用鋼管

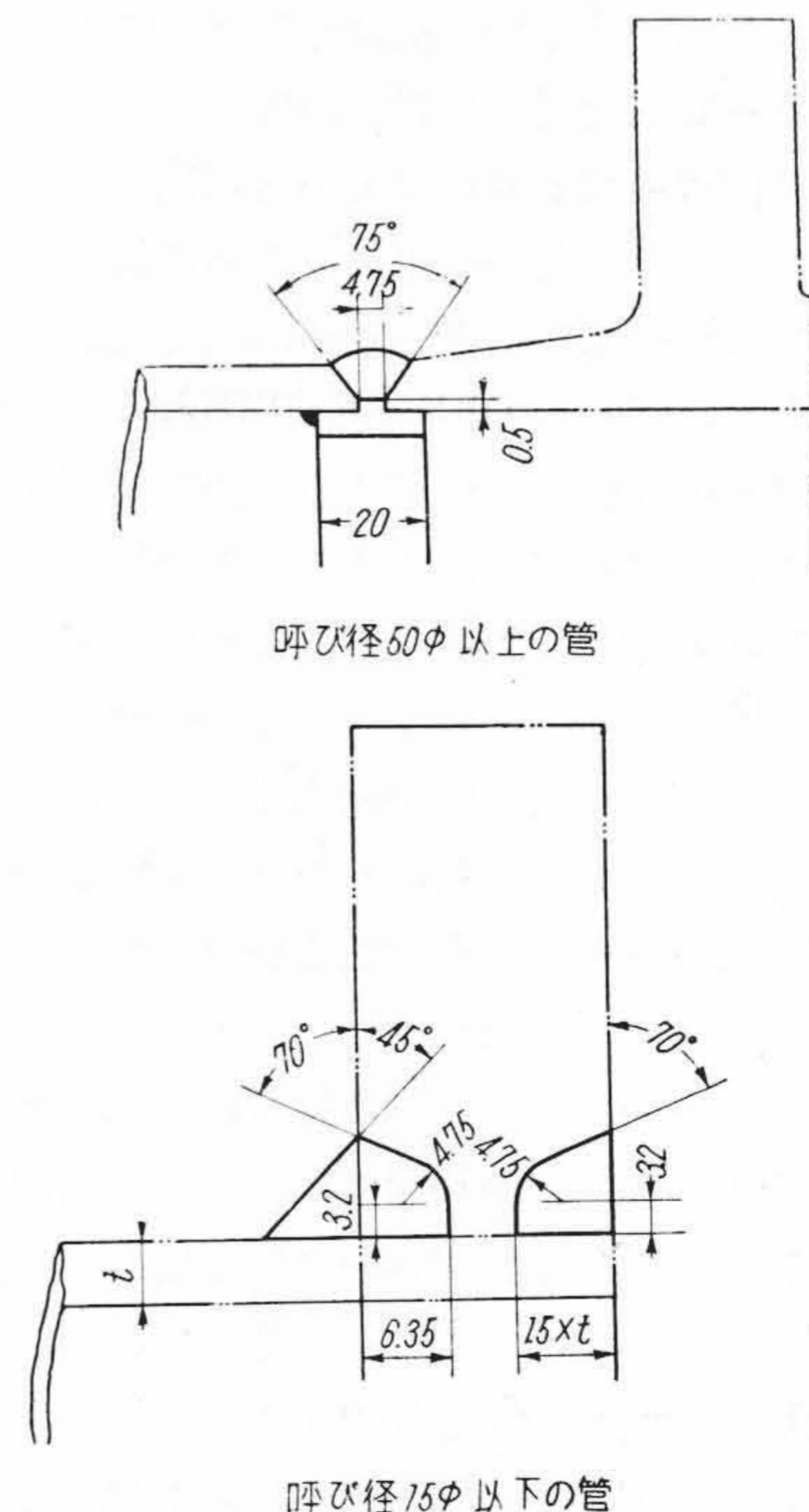
は、ほとんど管曲機で加工した。その割合は機関部使用

第2表 高温・高圧部使用材料
Table 2. Materials Used for High Temperature High Pressure Part

使用箇所	名称	化学分析 (%)
管	モリブデン鋼	Mo=0.45~0.65 C=0.10~0.20
フランジ	モリブデン鍛鋼	Mo=0.40~0.60 C=0.20~0.30
ボルト	クロームモリブデン鋼	Cr=0.80~1.10 Mo=0.15~0.25 C=0.38~0.45



第15図 定荷重バネ、ハンガ
Fig. 15. Constant Load Spring Hanger



第16図 高温高圧部フランジ溶接容領
Fig. 16. Welding of High Temperature High Pressure Part Flange

第 3 表 高 温 高 圧 部 熔 接 方 案
Table 3. Welding Scheme for High Temperature High Pressure Part

項 目	要 領
使用 溶 接 棒	神戸製鋼所 CMB 93
棒 径	4~5mm
予 熱 温 度	300°C
焼 な ま し 温 度	温度 650°C 1 時間
検 査, そ の 他	1. X-線検査を行うこと。 2. 熔接後, 裏当金は削除すること

の管総重量の約 65% であった。他方重要部分の高圧管、銅管および呼び径 150mm 以上の鋼管は管曲機を使用せず、従来の方法で曲げ加工を行つたが、それらの工数は機関部配管工事の総工数の 19% 弱であった。

c. 曲がり継手 (BEND PIECE) の使用

この方法では、管はすべて直管を使用し、曲がり部分は種々の角度をもつた曲がり継手をいわゆる「芋継ぎ」熔接で接続する。陸上工事ではほとんどこの方法が採用され、また外国船にはよく見受けられる方法である。当所においても種々検討した結果、管曲機の補助としてこの方法も併用し、特に曲げ半径の小なる部分に使用した。

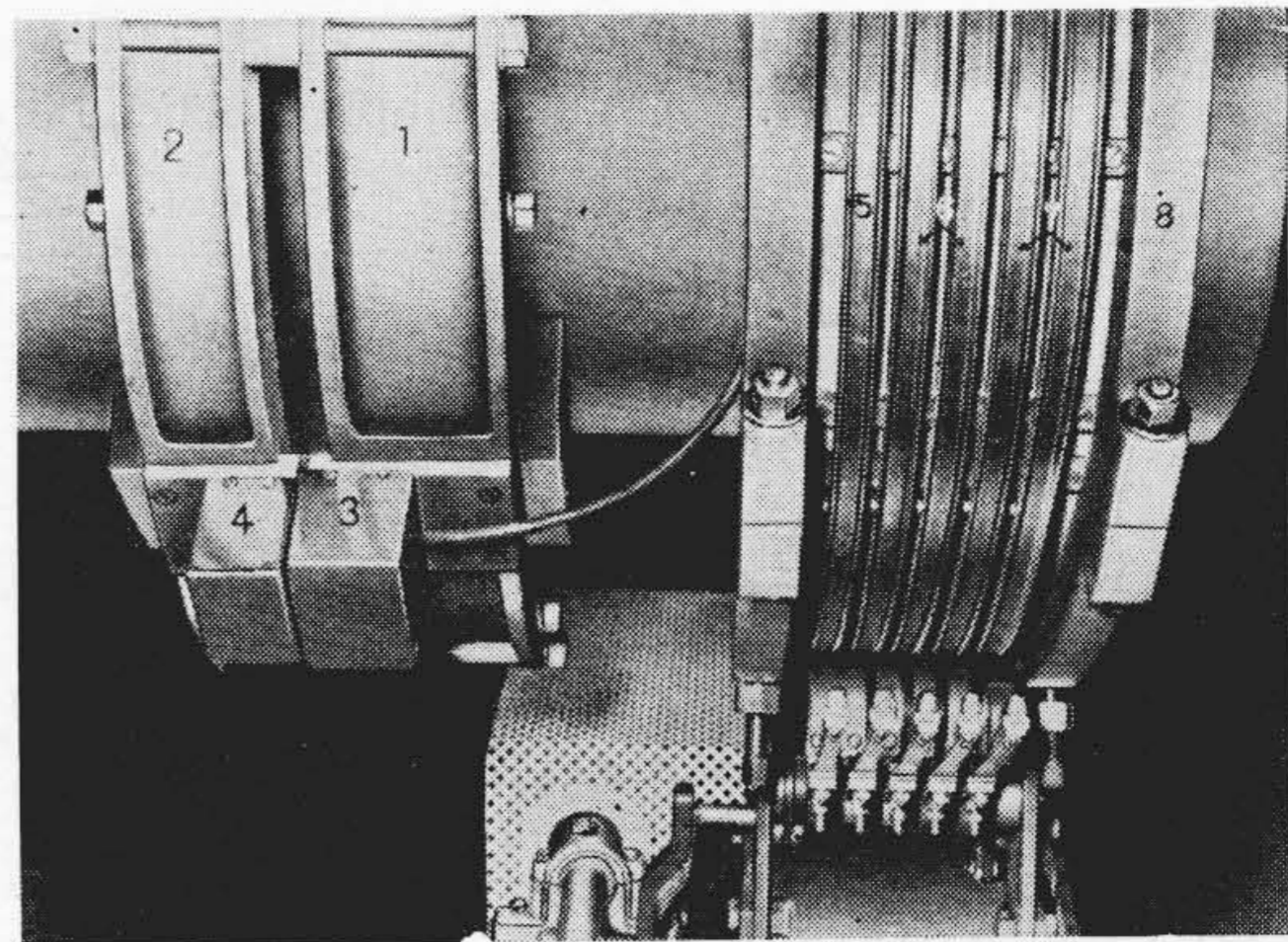
(B) 高温・高圧部の配管について

本船の蒸気状態は前述のごとく圧力 42.2 kg/cm²・温度 455°C で船用機関の分野では高温・高圧の区分に入ると思われる。高温・高圧部の配管工事は、その材質、曲がりの形状、工作法および検査について十分な考慮が必要である。さらにフランジ継手の構造も重要であり、この継手の箇所を極力減少することが望ましいが、船内の狭い場所に諸管を布設するため、これらの搬入、取付および機器類の開放などを考慮すると、陸上火力発電所に比較して、フランジ継手の数が増加するのはやむをえぬ。本船に使用した高温・高圧部の材料は第 2 表に示す。フランジ継手間のパッキンはパッキン金属にステンレス鋼、クッション材には石綿を使用して成形された、フレキシタリック・パッキンを挿入した。なお配管途中の曲がり形状は、熱膨脹による管壁付加応力の発生、およびスラストが機器類におよぼす影響をなるべく小さくするごとく慎重に定めた。本船の主タービン入口部のスラストは大略つぎのごとく計算される**。

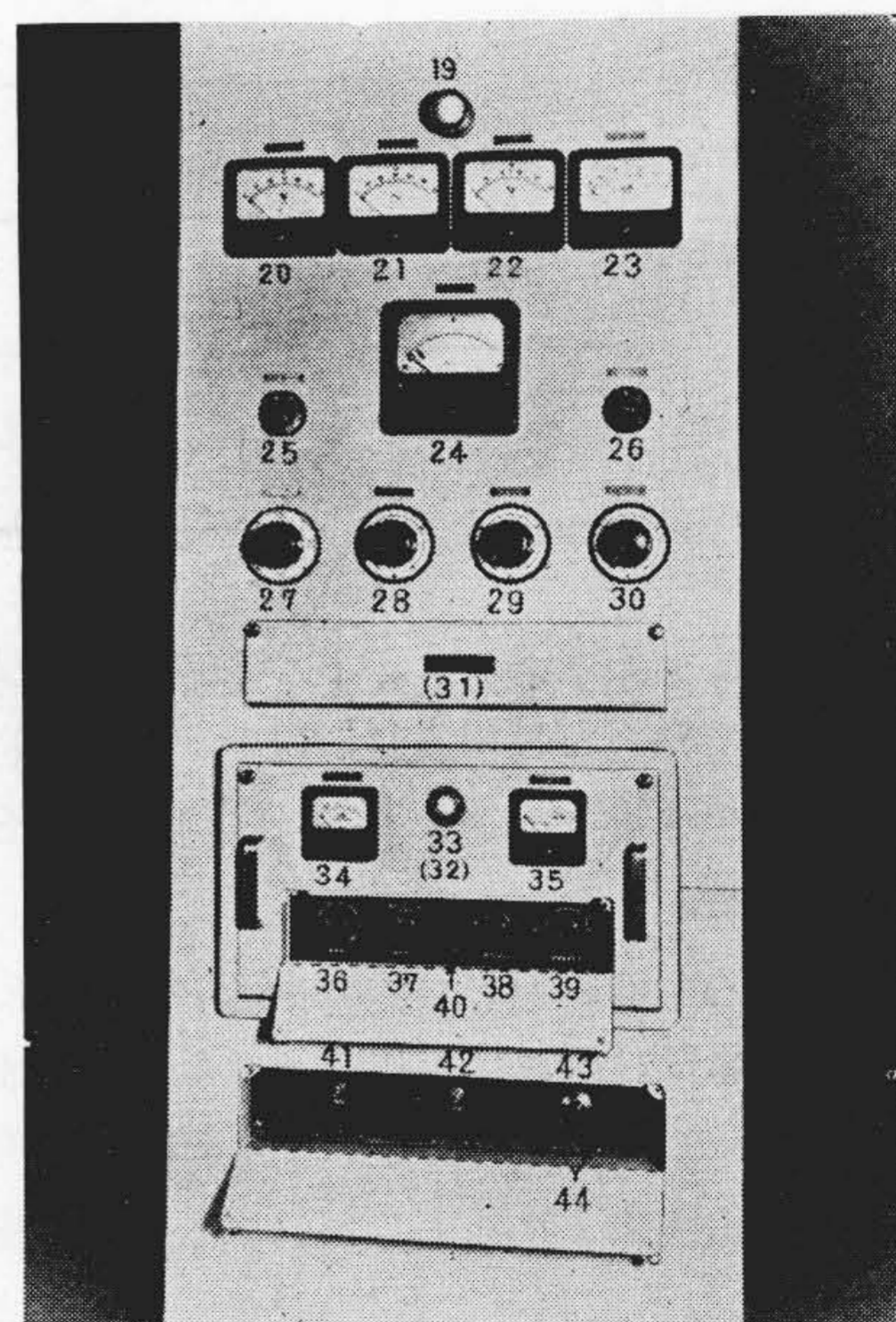
- a. 高圧タービン入口 374 kg
- b. 低圧タービン入口 286 kg

なお高圧・低圧タービン入口には第 15 図に示す定荷重バネ・ハンガを使用し、熱膨脹による管の変位には無関

** 計算は「A GRAPHIC METHOD FOR DETERMINING EXPANSION IN PIPELINES」BY C.T. MITCHELL によつた。



第 17 図 日 立 造 船 型 ね じ り 計
Fig. 17. HICATHI Zosen Type Torsion Meter



第 18 図 軸 馬 力 計 III 型
Fig. 18. SHP Indicator Model III

係に、常に一定の力で管を支持させた。一般の配管途中には、振動防止および自重支持のために普通型バネ・ハンガを使用した。

高温・高圧部のフランジ形状は第 16 図に示すごとし。管とフランジの熔接は、まず本熔接の前に第 3 表に示す方案にしたがつて予備試験を行い、十分な検査の後で施行した。

(6) ねじり振動および軸馬力計について

(A) ねじり振動

普通のタービン船では、主タービンとプロペラの間は、弾性に富んだ長い中間軸で連結されるから、プロペラに発生する振動起振力は、十分に緩和され、軸系ねじり振動に対して特別な考慮はほとんど必要がない。しかし油送船のごとく主タービンを船尾に搭載する船では、中間

第4表 タービン大型油槽船機関部艤装工程表
Table 4. Equipping Schedule of Machinery for Super Steam Tanker

項目	月日	2ヶ月前			1ヶ月前			1ヶ月後			2ヶ月後			3ヶ月後			
		60	50	40	30	20	10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
総括予定					軸系見透	現場ホーリング	軸系補機積込	進水				卓火	安全弁封鎖	補機運転	繫留運転	公試運転	引渡
1 主機	主機械	艤装出図				主機入手	陸上組立	減速機 HP LPO	主機積込	附着品配管取付整備			フラッシング L.O通し			開放検査	
	主復水器	全上					据付										
	主軸および復水器ポンプ	全上					据付										
2 軸系	中間軸推進軸および被金	内作			リマー合せ		軸心決定										
	中間軸受船尾軸受	全上			リマーおよびリマー合せ												
	船尾管およびブラケット	全上								附属品取付整備							
	その他推進	全上			リマー合せ												
3 補機	外注補機	艤装出図					据付										
	内作補機	内作					全上										
4 鐘	主汽缶本体					陸上組立	据付										
	附着品					全上	据付										
	在田およびその他						据付										
	燃焼装置						据付										
	補助缶本体				内作		据付										
	全上燃焼室煙室				全上		据付										
	附着物						据付										
	煉瓦積保温工事						据付										
5 煙路	煙路				内作		据付										
	煙路				全上		据付										
6 発電機	主発電機						据付										
	補助発電機				内作		据付										
	発電機用気蓄器						据付										

軸が短く剛いため前記と異なり、十分な検討が必要である。タービン船の軸系ねじり振動の発生は、軸系に過大な付加応力を誘起することよりも、むしろ歯車噛合部に発生する噛合離脱、衝撃などの悪影響が甚しい。この悪影響を避けるためには節駆動 (NODAL DRIVE) の採用が望ましい。節駆動の採用は実際面ではなかなか困難と思われるが、タービン製造者においても一層御研究願いたい。本船では船主側より強く“ねじり振動の共振点は定格回転数の1/2以下であること”を要望され、また一方艤装の面からも、制限されたプロペラ直径で高い効率をうるために、日立造船では初めての5枚羽根プロペラを採用した。

(B) 軸馬力計

本船に装備した軸馬力計は、日立造船式軸馬力計 III型で、その原理は大要つきのごとし。

a. 中間軸に装備された、日立造船式ねじり計 (変磁束式) によつて、軸に作用しているトルクに比例した交流不平衡電流を発生させ、これを増幅、整流する。

b. 同じ軸に装備された電気回転計によつて、軸の回転数に比例した直流電圧を誘起させる。

c. 両者をそれぞれ直流電力計である軸馬力指示計の、電流および電圧端子に接続すれば、その指針は両者の相乗積、すなわちトルクと回転数の相乗積に比例した振れを示すから、その目盛を適当に刻めば、軸馬力を表示することになる。

第5表 運転次第および運転成績
Table 5. Outline Report For Sea Trial

		予行運転	第1回公試運転	第2回公試運転
		昭和31年2月6日	昭和31年2月11日	昭和31年2月21日
日時				
載貨程度	軽荷 L. TONS (排水量 18,440)	満載 L. TONS (排水量 42,950)	満載 L. TONS (排水量 43,200)	
種目	速力増進試験, 無線装置試験, 軸系ねじり振動計測, 主タービン振動計測	速力増進試験, 過負荷確認試験, 旋回力試験, 後進試験, 船体振動試験	5時間連続耐久試験, 1時間連続最大, TANKER SERVICE 試験, 1時間連続無抽気試験, 操舵試験, 荷油ポンプ残油ポンプ試験	
速力 (kt)	1/2	15.358	14.602	
	常用	17.697	16.785	
	連続最大	18.390	17.074	
プロペラ回転数 (rpm)	1/2	85.56	88.79	
	常用	101.83	103.74	
	連続最大	106.25	105.08	
	過負荷		107.05	
軸馬力 (S.H.P)	1/2	7,540	8,550	
	常用	12,685	14,590	
	連続最大	14,700	15,035	
	過負荷		15,700	

なお中間軸に装備されたねじり計に使用される電源は、スリップリングとブラシを介して接続されるが、ブラシの磨耗を考慮して、普通航海中はブラシを離脱する。

ブラシの嵌脱は制御盤のスイッチによつて遠方から自動的に操作できる。

普通タービン船に使用されるホプキンソン・スリング式のねじり計では、中間軸の1回転中にわずか2回の瞬時的トルクを読み、計算によつて軸馬力を求めているが、これに比較して日立造船式のものは、連続的に軸馬力そのものを直読しえて、はなはだ便利である。

(7) 標準機装工程について

機関部機装工事は各種の作業間に密接な関係があり、かつ作業の集約される場所は狭い機関室に限定されるため、ある種の作業のわずかのずれも、ほかの作業に大きく影響して、狭い機関室内に多数の工員が右往左往するばかりで、能率はいちじるしく低下する結果となる。

造船所においては、各種の作業を統括し、スムーズな工程を維持するために、機械・設備の能力、各職種の人員構成のほか諸種の要素を検討して、各種の船形に対して標準機装工程を定めている。その1例として日立造船の大形タービン油送船のものを第4表に示す。「アレキサンドラ1世」号の建造に当つては、諸種の悪条件のために、標準機装工程より若干のずれが生じ、その後の機装工程に混乱を招いたことは誠に遺憾であつた。

(8) 船内試験について

本船では船主から、海上試運転以前に大は主タービンの無負荷運転・繋留運転より、小は気笛吹鳴試験に至るまで、全船内の各機器類・諸装置を指定の方案にしたがつて単独試験を行い、これに合格することを要求された。この試験の立会署名は船主側監督、機関長（または船長）、および日立造船検査課長が行い、試験総数は60種におよぶ大量なものであつた。この方式は技術面では、全く理想的で、また署名された成績表は事務処理の面でも、有効適切な資料になるものと思うが、短期間に大量の試験を行うことはきわめて困難であつた。詳細な運転予定表を作製し、順次試験を行つたが、一二の事故をのぞいては、すべて満足すべき成績で試験を終了した。この試験を通じてもつとも痛感したことは、各機器類はすべて工場内にあるうちに、性能上・機構上に1点の非の打ち処のない状態にまで整備されることである。些細な事故でも、開放・調整・復旧および再試験の繰返は機装全般に、計り知れない大きな悪影響をおよぼす結果になる。

(9) 海上試運転について

海上試運転は3回にわたり、備後灘弓削島沖に出動し、船主側代表およびロイド検査員立会のもとに、各種の試験を実施し、満足すべき成績を納めた。

(A) 運転次第および成績

これらのものは第5表のごとし。

なお第2回公試運転（満載状態）時に、5時間連続耐

久試験中に計測した燃料消費率は、熱精算計画に使用した高位発熱量 10,280 kcal/kg に換算して、毎時毎軸馬力当り 241 g の記録をえた。最大 TANKER SERVICE 試験中には低圧蒸気発生器の加熱蒸気として、約 19,000 kg/h の緩熱蒸気を使用し、発生蒸気約 18,500 kg/h を荷油タンク加熱に用いつつ、主タービン出力 13,500SHP で航走し、関連機器類に異状ないことを確認した。

(B) 軸系ねじり振動について

予行運転時、明石製ガイゲル振動計によつて、プロペラ軸と最後部中間軸のカップリング付近で計測した。計測結果は 2nd MODE, 5 次の振動が推定共振点より若干低目に表われたのみで、1st MODE の振動はきわめて微弱であつた。実測共振点は 40.5 rpm で、2段親歯車位置の単振幅は 8.3×10^{-5} ラジアンで船尾機関では満足すべき状態と思われる。

(C) 主タービンの振動について

予行および第1回公試運転時に、テレバイプロメータおよびこれに連結した電磁オッシログラフによつて、主タービンの振動を詳細に計測した。計測場所は高圧・低圧タービン各軸受、1段減速車室付近および2段減速車室囲の計9点で、記録の概要はつぎのごとし。

a. 高圧タービン軸受部には、プロペラ回転数の10倍の振動数をもつた振動がいちじるしい。そのうちで船首船尾方向の振動が強いが、いずれの振動も振幅の大きさは最大 0.05mm 程度で、従来の実測値と同程度である。

b. 低圧タービンの振動も大体同様であるが、タービンロータの回転数にひとしい振動数のものが、きわめてわずかに重複して表われている。しかし、いずれの振幅もきわめて小さく、量的には全く問題とならない。

c. 高圧・低圧タービン軸受部を除いて、ほかの計測点では注意すべき振動はなかつた。

プロペラ回転数に関連した振動は、特別の場合を除いては、プロペラに原因するものと考えられる。すなわちプロペラ作動円には、垂直方向に船体の影響によつて伴流の大きい区域 (ZONE) があつて、プロペラの各羽根がこの区域を横切るとき、平均値より大きいトルク・スラストを受ける。5枚羽根では軸心の上および下の区域を横切る回数は1回転中に合計10回で、そのつど周期力を受ける。またプロペラ直後の舵に対して、各羽根後縁から出る螺旋面状の渦 (VORTOX SHEET) および羽根端部から出る螺旋状の自由渦 (FREE VORTEX) が舵に当る衝撃も原因となる。この場合、5枚羽根プロペラでは1回転中に5あるいは10回の周期力を受ける。このため本船では、プロペラ回転数の10倍の振動数をもつた振動は、避けられないもので、問題は振幅の大きさになると思われるが、記録した程度の振幅は、実船にお

いてはさしつかえないものと思う。

(D) 騒音について

本船の主タービン・主発電機は、熔接構造を大幅に採用しているが、運転はきわめて静粛で、船主側の満足をえた。

〔III〕 結 言

「アレキサンドラ1世」号を引用して機関部艤装の概要をしるしたが、造船所側からの各機器製造者に対する希望を申し添えたい。

(1) 一般製造者について

(A) 性能・機構の完璧化

造船所の機械設備が許せるならば、各機器は組立したまゝ1体として船内に搭載し、陸上試験台上の状態を正確に再現させるのみで、それらに必要な配管・配線を行い、そのまま運転、受検を行うことを理想とする。船内運転途中における開放・再調整は、艤装工程に重大な混乱を生ずるのみでなく、欧米の船主間には、各機器類に造船所側が調整を加えることを嫌う傾向がある。このことは、我国の造船実状を十分認識していない面もあるが、他面欧米の機器製造者の技術水準がきわめて高く、造船所における再調整を必要としないことを示していると思う。勿論われわれも、日本の機器製造者の技術が劣っているというのではなく、ただ、折角好成绩で陸上試験を終了した機器類でも、開放検査後の不注意、監督の不十分などによつて、異物の混入、内部の汚損、乱雑な塗装、銘板・注意板の取付間違、運搬途中における重要部分の損傷など、誠に些細な、また技術面より離れた原因によつて重大な事故、無用のトラブルを惹起した例は誠に多い。このことを十分認識されて、有終の美を飾るごとく最後まで十分な監督、指導を希望する。

(B) 納期の厳守

造船所の船の建造予定は諸種の事情によつて、進水期日・引渡期日は1日といえども遅延することは、ほとんど不可能である。機器入手の1日の遅延は大きく建造工程に影響することを了解され、一層の御協力を希望する。

(C) SERVICE の改善

各種の輸入機器類を取扱つて、もつとも注意を惹くものは、取扱説明書・保守要領書などの完備と、部品交換の迅速である。構造・機能の説明、据付保守上の注意、開放部品交換の要領などきわめて親切に詳述されている。また補給を要する部品は一貫番号などによつて正確に部品を指示して迅速に入手できる。この分野に対して、我国機器製造者は、格段の努力を注がなければ、世界市場

への進出好機をあるいは逸するかも知れぬと危惧している。

(2) 日立製作所について

日立製作所の製品を見て常に感ずることは、その根底を流れる進歩性である。勿論技術の分野において、ただ単なる新奇な試みが実際に成功するとは考えられない。すなわちこのことは、日立製作所が不断の研究と、営々たる努力を重ねられた結果に外ならない。

製品の性能については、それらを搭載した多数の船舶が優秀な実績を作つていることで明らかである。

日立製作所がよく斯界の動向を推察され、常に時代の先端を切つて進まれることは、戦後製作の船用主タービンを例にとつても、大出力タービンの製作、翼形・歯形の改良、熔接構造の採用、そのほか油圧操縦装置、調速装置、パッキン蒸気管制器などの付着装置の近代化など、斬新な部門において成功を納めていることでも了解される。

その製品は好ましい調和を保ち、近代的な構成美をもち、性能の卓越とともに、我々技術者の理想を着々と実現せしめている感がある。

一方、船舶乗組員・造船所技術者は、大洋上の孤立、暴風雨の遭遇など、船舶の特異な環境から、ややもすると運転の信頼性を重視するあまり、斬新な企画に対して危惧の念を持つ傾向がある。また新たな装置について、不幸にして些細な事故が発生した場合、結論が一方に偏することもあるやに見受けられる。しかし実際面においては、陸上生活者では到底考えおよばぬ事態も多々あるように想像される。日立製作所においても、たとえば多数の技術者が実船に乗り組まれ、船用機関の実態を十分認識されることも、今後の発展に大きく寄与するものと確信する。

機器製造者に対して、一方的な見解の下に種々希望を述べたが、今後ますます力をつくされ、斯界の発展のため御協力を御願ひして結語とする。

視界を拡大する



日立
工業用テレビジョン装置



電話機・交換機

日立製作所