

日本海軍洋上艦艇における補機駆動タービンについて(2/2)

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 大阪市立大学経済学会 公開日: 2024-09-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 坂上, 茂樹 メールアドレス: 所属: 大阪市立大学
URL	https://ocu-omu.repo.nii.ac.jp/records/2001631

日本海軍洋上艦艇における 補機駆動タービンについて (2/2)

坂 上 茂 樹

はじめに

1. 補機回転化と補機駆動タービン化に係わる「近代化」論の陥穽
 2. 艦隊勤務の実態とこれを支えた補機
 3. 海上艦艇用補機体系の 1 艦全体像
 4. 補機駆動用ラトー・タービン（以上、前号）
 5. 艦本式補機駆動タービン
 6. 正規のカーチス翼車を持つ補機駆動タービン
 7. 大和型戦艦の主砲々塔旋回原動機
- むすびにかえて

5. 艦本式補機駆動タービン

この辺りで日本海軍における「近代化」された補機駆動用蒸気タービン群そのものに話題を進めよう。海軍艦艇における補機駆動用タービンの嚆矢は 1914 年、軍艦生駒のピストン送風機を代替するために輸入されたイギリス、「アーレンエレクトラ」式タービン送風機 12 基であった。しかし、その使用実績については不明である⁴²⁾。

国産化の最初は清水得一機関中佐と牛丸福作機関少佐の合作になる押込み送風機直結駆動用の輻流式衝動タービンであった。次図に示されるそれは実際配置上は縦軸タービンであったが、それにも増してその構造は一見、Ljungström かと思わせるような全くのゲテモノであった。膨張装置としての型式はカーチスのような速度複式で、段落数は 2 であった。4 つの環状動翼列を有する翼車が 2 つあり、その間に裏表両面に各 3 つの環状静翼列を有する仕切り板が挟まれていた。4 動翼列 2 段、都合 8 動翼列であるからこれは著しく低回転型のタービンということになる⁴³⁾。

蒸気は図では左側となる上部翼車側の入口から進入し、第 1 段落ノズル（主・副各 1）で半径

42) 日本舶用機関史編集委員会『帝國海軍機関史』下巻、原書房、1975 年復刻、609 頁、参照。

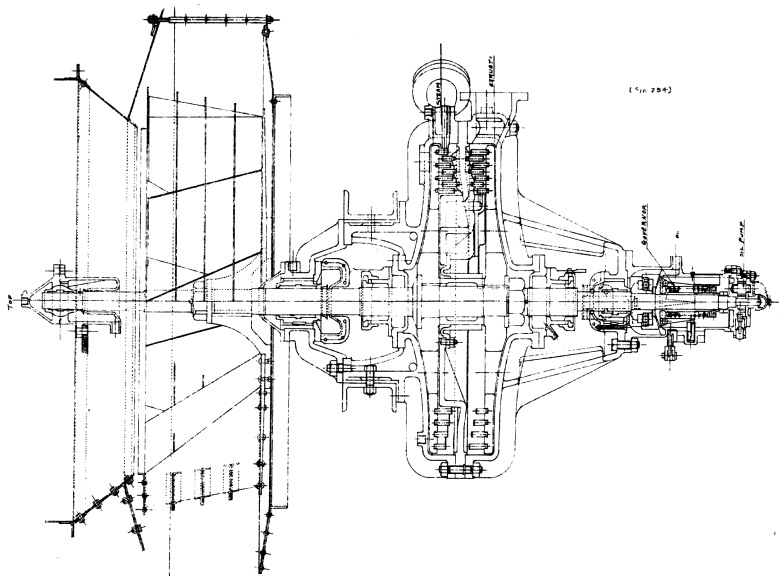
43) このタービンについては同上書、609～615 頁、参照。

方向内向きに加速せしめられて上部動・静翼列内で転向を繰返した後、中心部で折り返し、下部の第2段落ノズル(主4, 副2)から半径方向外向きに加速せしめられ、下部動・静翼列間で転向を繰返し、排気された。車軸には遠心式調速機が取付けられ、過回転を防いでいた。その試作指示は1914年12月10日、横須賀工廠に発令され、完成品は駆逐艦樺にて実験に供された。

その使用実績はイギリスで建造された駆逐艦浦風のボイラに装備の Zölly タービン直結送風機が低速時における蒸気消費量過大を託ったのとは対照的に、低速でも比較的良好な成績を示し、天津風(初代)級駆逐艦、桃級駆逐艦、谷風級駆逐艦以降、多くの艦艇に「艦本式タービン」として装備された⁴⁴⁾。

翼列蒸気流れはカーチス・タービンのそれであるから、速度比は、PCDの差が考慮されていたのではあろうが、裏表各4つの動翼列共に中央2つの何れか辺りでのみ最適となっていた筈であり、部分負荷でも比較的蒸気消費率が急増しなかったというのは最適点が上流側に変位したための結果と解釈出来る。しかし、この特性は全負荷での使用時間割合が長い場合には不利となる。軍用艦艇は汽釀缶数を減らし、蒸気圧を下げてノラノラと遊んでいる時間割合が高いから、こんなモノでも間に合ったのであろう。このタービンが送風機以外に適用されなかったのは給水ポンプ等に関しては全負荷での高い回転数と効率が重視されたためと考えられる。

図16 輻流式タービンと送風機



海軍機關學會『軍艦機關計畫一班』卷ノ二(圖), 改訂増補三版, Fig 254。

44) なお、『昭和造船史』第1巻に、1914年、技術本部設計のタービン駆動による試作送風機の実艦実験が駆逐艦、樺にて実施された、とあるが、それは本機のことである。同書、446頁、参照。

その給水ポンプに関しては 1919 年、峯風型駆逐艦の一つ、矢風に「ウェーヤ式タルビン給水唧筒」を輸入して装備したが、「本機ハ其ノ動作極メテ良好ナリシモ蒸汽ノ消費量莫大ニシテ普通吸鍰式ノ消費ニ倍スルモノアリ依テ未ダ尚他ノ新艦ニ採用スルノ機運ニ至ラズトセラレタリ」との結果に終わった⁴⁵⁾。

ところが、その 1922 年 4 月、回転ポンプの潜在的メリットを評価する技術本部は Brown Boveri (スイス：BBC)) からタービン駆動式給水ポンプを輸入して広工廠、横須賀工廠にて実験させ、その優れた性能を確認し、「一部改造ヲ加ヘ」1927 年から就役した吹雪型駆逐艦の全てと '32 年就役の高雄型巡洋艦への採用を決定した。この BBC 型給水ポンプについては後程、別の観点から取上げられる⁴⁶⁾。

それでも、海軍におけるヨリ体系的な補機駆動タービン化と補機駆動タービンの系列化は艦本式小型タービンと総称される軸流式蒸気タービンの導入に待たねばならなかった。名前は似ていても、これだけで先の「艦本式タルビン」とは全く異なるシロモノであったことが判る。では、この回転化を支えたエース、艦本式小型タービンとは如何なる具体的特徴を持つ原動機であったのだろうか？

補機駆動タービン一般について、前注に見た『昭和造船史』第 1 巻は '16 年の天津風型、桃型以降、「衝動段落 2 段」のタービンに依る送風機が「すべての艦種を通じて汎く採用せられることにな」ったと述べている。しかしこれはあくまでも上に見た送風機駆動用輻流式タービンについてのやや古いハナシである。

同書は昭和に入ってから補機駆動タービン化との脈絡において、「原動機は艦政本部で計画した減速歯車装置付 2 動翼列段落翼車 1 個のタービンである」と述べている (682 頁)。海軍関係者は減速装置付送風機に関して早くも 1919 年頃から Escher Wyss 社 (スイス) 製の Maag 歯車付送風機注目し、1926 年竣工の睦月型駆逐艦の 4 番艦 卯月にこれを輸入装備し、イギリス、アレン社 (恐らく、前出のアーレンエレクトラ) から減速歯車付ターボ送風機 8 基を輸入し、同年竣工の睦月型 9 番艦 菊月にこれを装備させたりしていた⁴⁷⁾。

しかし、このギヤード・タービンであったという点は措くとして、「2 動翼列段落翼車 1 個」というのははかなりアヤフヤな表記である。そもそも、「2 動翼列段落翼車」とは一体何であるのか？ “2 動翼列から成る 1 段落の翼車” の謂いなのか？ それなら速度複式のカーチスマーグのタービンということになるから、いっそ、かように表記すれば良かったのである⁴⁸⁾。

45) 『帝國海軍機關史』下巻, 616 頁。

46) 同上書, 711 頁, 参照。

47) 『帝國海軍機關史』下巻, 710 頁, 参照。

48) 因みに「2 動翼列段落翼車 1 個」という表現に近い「2 動翼列段落 1 個」なる表現が元・海軍技術少将であり第二世代の 3 筒構成型艦本式タービンの定礎者である甘利義之が戦後著した「第一次大戦以後における我海軍機関の進歩」に見られるところから、『昭和造船史』第 1 巻, 682 頁前後の執筆ノ

それとも「動翼列段落翼車」なるものが2つあったと言いたいのか？ これなら艦本式タービン等と同じく圧力複式タービンという描像になろう。但し、それでは翼車は2個でなければならないから「2動翼列段落翼車1個」との表記と矛盾してしまうことにはなる。

果たして段落は1段であったのか2段であったのか、翼車は1枚であったのか2枚であったのか？「2動翼列段落翼車1個」なる表記からはその正体が誠に見え難い。

かように基本的な問題を抱える記述についてこれ以上、係わる愚は控え、艦本式小型タービンの実像を直截に紹介して行こう。日本海軍においては主機同様、艦本式小型タービンとして補機駆動用蒸気タービンが開発され、補機駆動用原動機の「整一化」が志向された。つまり、幾つかの基本サイズを設定すると共に、各クラスにおいても幅広い定格出力を設定し、少ない基本類型を以て広範な動力需要に応える工夫がなされていた。開発のリーダーは回転補機共々、北川 政 技術少将。その開発成果は旧式主力艦の「近代化」改装と1931年度からの新計画艦船に活かされ、太平洋戦争期の海軍洋上艦艇を縁の下から支え続けた。

結論的に言えば、艦本式小型タービンなるモノは先に見たロータリーポンプ駆動用ラトースギヤード・タービンを換骨奪胎、小形俗流化した如きモノで、末広ノズルとメトロヴィック式動翼植込み法に依る1動翼列の翼車2枚とこれらに挟まれた1静翼列とから成る1段落の速度複式タービンというやや変則的な基本構成を有した。つまり、その翼列蒸気流れはカーチス・タービンと同じであり、段落数は1、但し、翼車は2枚であった。そのサイズならびに出力/回転数レンジは次の通りである。

表3 艦本式補機駆動用タービン

名称	PCD mm	発生馬力範囲	最大使用回転数 rpm.
120 型	120	30 馬力以下	19,000
180 型	180	20~150(200)馬力	15,000
270 型	270	100(150)~400(450)馬力	12,000

海軍工機学校高等科機関術練習生(掌機術専修)教程『機関術教科書(蒸気機械)』1942年、148頁、より。()内は生産技術協会『機関計画内規』109頁より。

各型式において発生馬力に相当な幅があるのはノズル数を異にする部分噴射方式を系列化することにより、同一翼車でも多様な出力が設定可能なように配慮されていたからである。120型を復水器からドレインを抜取る抽水ポンプ、それも容量を異にするそれに用いた場合の要目を2つ例示しておこう。ポンプ自体は何れも渦巻ポンプである。

ゝも甘利に依るものと想われる。

「第一次大戦以後における～」は牧野 茂・福井静夫編『海軍造船技術概要』下巻、今日の話題社、1987年に所収。この文章の実際の執筆時期は1958年2月より前である。なお、この文章は生産技術協会『旧海軍技術資料 第1編』(2)、304~417頁にも執筆者名抜きの形で再録されており、当該箇所は326頁にある。

表 4 海軍で使用された 120 型タービン駆動の抽水ポンプ 2 例

要 目		小 型	大 型
タービン	PCD mm	120	120
	軸 馬 力	8	29
	rpm.	13,745	13,878
ポンプ	吐 出 量 ton/h	35	130
	総 水 頭 m	30	30
	rpm.	2,400	1,900
復水器下部真空 mmHg		710	710
復 水 温 度 °C		38	38
ポンプ吸入管取付中心より復水器内水面迄の高さ mm		500	500
羽根車	型	片 吸 口	両 吸 口
	外 径 mm	220	280
	入 口 直 径 mm	160	212
	出 口 幅 mm	8	20
	羽 根 型	Double bend	Ouble bend
	羽根出口角度 °	16.5	16.5
	羽 根 数	4	4

生産技術協会『船用機関取扱法』242 頁、より。

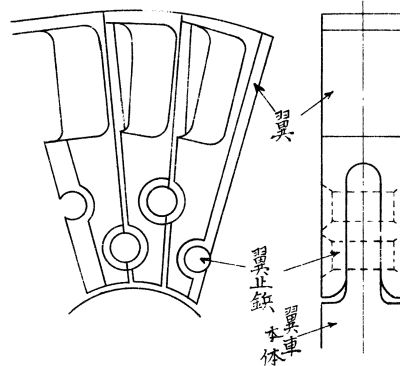
続いて、艦本式補機駆動タービンの構造的特色について縦覧を試みよう。ノズルは不銹鋼（恐らく“乙”=13Cr 鋼）製のノズル板に穿孔された円錐形の孔というごく簡単な構造で、構造からすれば穿孔ノズルであり、その型式は末広ノズルであった。蒸気供給は部分噴射に依ったが、最大出力を発揮させる場合、過負荷ないし高力ノズル弁付きの過負荷ノズルが発動されるようになっていた。

静動翼は不銹鋼（恐らくこれも“乙”）製。翼尖遊隙、翼列遊隙は何れも約 2mm であった。動翼尖端には張り出しを設け、隣接翼と突合せることで翼縁抑えを省略するドラヴァル翼のような設計であったが、翼の植込み法は上述の通りメトロヴィックの方式そのものであった。この NiCr 鋼製メトロヴィック式翼車は艦本式タービンのリム付き翼車より生産性・整備性に優り、厚いリムを持たぬことからタービンの小形・軽量化にも大いに貢献した⁴⁹⁾。

翼断面は D 型と呼ばれ、蒸気噴流の転向に係わる個所の基本形状は主機用の A 型と同じで、これを若干薄造りにしたようなモノであった。

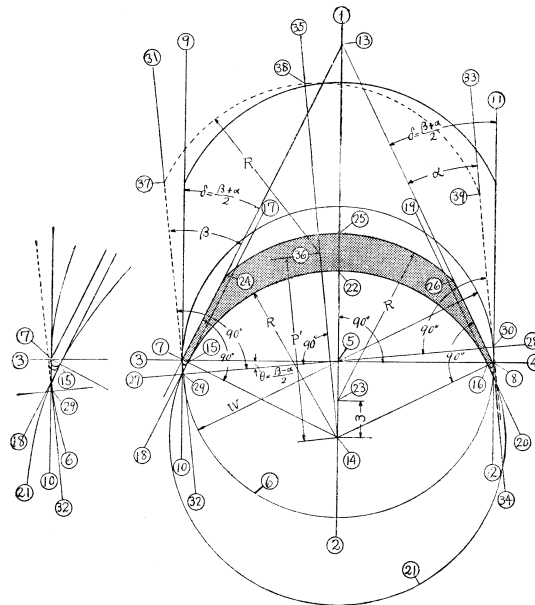
49) なお、動翼について「動翼ハ翼車ニ鉋締セラレ頂部ニ翼抑ヲ附ス。最近ノモノハ動翼頂部ヲ特殊ノ形状トナシ縁抑ヲ有セズ」との記述があるから、一度、設変を経てこの形に到着したようである。海軍工機學校普通科機関術練習生（掌機術専修）教程『機関術教科書（巻ノ一）』1938 年、136 頁、参照。

図 17 艦本式補機駆動用タービンの動翼植込み状況



海軍工機学校高等科機関術練習生(掌機術専修)教程
『機関術教科書(蒸気機械)』1942年, 149頁, 第78図。

図 18 艦本式補機駆動用タービンの D 型動翼々断面



生産技術協会『船用蒸気タービン設計法』1954年, 236頁, より。

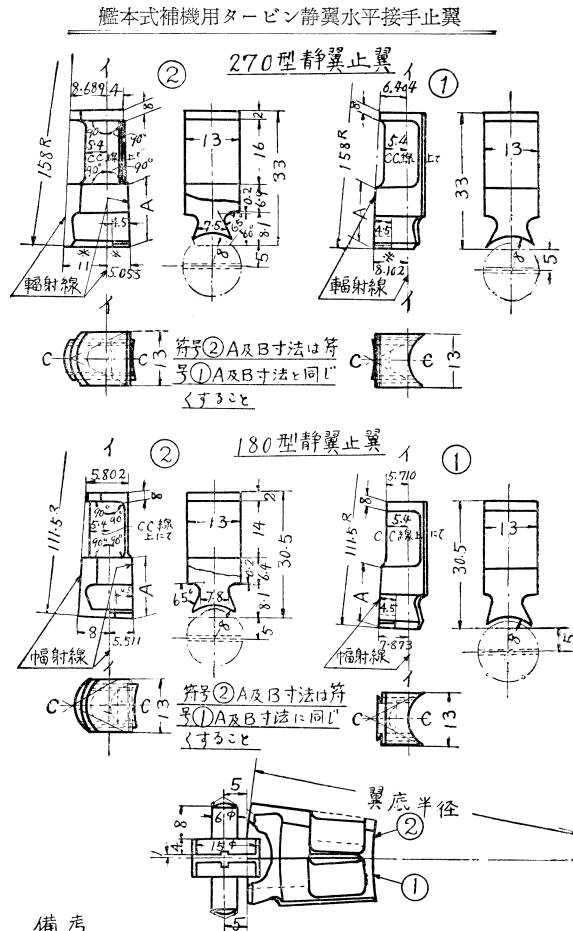
艦本式補機駆動用タービンの動翼々断面には今一つ、E型と称するモノがあったようである。しかし、これについては明確な資料を見出せていない⁵⁰⁾。

第1翼車の動翼列の直後には静翼列が控え、その後方には第2翼車上にやや背の高い第2動翼列が並べられていた。2つの翼車・動翼列に挟まれた静翼はカーチス・タービンのそれと同

50) 何故か分離翼なのであるが、『帝國海軍機関史』下巻, 689頁に簡単な図が掲げられている。拙著『船用蒸気タービン百年の航跡』ユニオンプレス, 2002年, 210頁, 参照。

じようなものであった。静翼の内、「水平接手止翼」の形状ならびに植込み状況は次図に示される通りである。他の静翼はその植込み部に前隣に突出す膝と後隣の膝を受ける窪みを有する点でのみ、この「水平接手止翼」ペアと区別された。それらは必要に応じて「盲翼」を従えつつ“ $\cap$ ”状のレールに植込まれ、その2群が合体される接合部は最下段の図に示されるように、「水平接手止翼」①と②とが相対し、合せ面が膝も窪みも無い平面となっている状態で車室内面のボアホールに落し込まれたようである⁵¹⁾。

図 19 艦本式補機用タービン 270 型, 180 型の静翼水平接手止翼とその植込み状況



- (1) 本図は補機用制式(180型, 270型)タービンで静翼が水平接手面を挟み植込範囲を有するものに使用する。
- (2) 図中※印寸法は輻射線 4.1 に直角に測つたものを示す。

生産技術協会『船用蒸気タービン設計法』214 頁, より。

51) 海軍工機学校普通科機術練習生(掌機術専修)教程『機術教科書(巻ノ一)』1938 年, 136 頁に「盲翼ト稱スル圓板」とあるところからすれば、「盲翼」とは中心角を異にする部分円環^{セグメント}であったようである。

「盲翼」云々とあるのは、この静翼列が部分噴射ノズルの展開に対応して配置されており、ノズルに面しない部位の静翼は旋回する蒸気流れに対して摩擦損失を生ぜしめないよう平らな面を形成するような形状を与えられていたからであり、そのスペーサを「盲翼」と称していたワケである⁵²⁾。

なお、車軸はお手本ソックリの片持ち式であったが、第2翼車は車軸と一体鍛造の形で成形・工作され、第1翼車は車軸に圧入し、ナットで緊締される安全確実な構造となっていた。グラウンド・パッキンはボックスが青銅製で軸方向に2分割されており、内部に3列のカーボン製パッキンがコイルバネで保持されていた。なお、車室は軸方向2分割式であったが、蝶番で開閉出来るように設計されていた。その材料は過熱蒸気を使用するモノについては蒸気室を含む蓋のような部分のみを鋳鋼とし、下半部は全て鋳鉄で吹かれていた⁵³⁾。

次図に減速装置を従えた艦本式小型タービンの全体像を示す。本図において蒸気弁の左側、管の中に球が入っているのはタービンが過回転に陥った時、蒸気を断つ非常遮断装置のリンケージの末端部である。但し、本装置はラトーのそれとは異なり、独立の機構に依るモノではなく、大元の遠心式ガバナが過回転を検出すればその作動が鋼球群によって伝達され弁軸を回転させて蒸気流れを遮断するシカケであった(後掲図24、参照)⁵⁴⁾。

以上を総括するに、艦本式補機駆動タービンは「2動翼列段落翼車1個のタービン」ではなく、「ヴェロシチーコンパウンド式で2個の羽根車に夫々1列の動羽根をもっている⁵⁵⁾」あるいは「単段落のインパルス式で2個の羽根車に各1列の動羽根がある⁵⁶⁾」小形蒸気タービンであった。それはロータリーポンプ駆動用ラトー式ギヤード・タービンをベースとして開発されたモノであり、2つの動翼列の間に静翼列が挟まれる構成を有していたから2動翼列1段型のカーチス・タービンに似たモノであったが、翼車はお手本のカーチス翼車1枚ではなく、1動翼列を持つモノの2枚重ねという風変わりな、しかし造り易い構成を有していた。危急遮

52) 海軍工機学校高等科機関術練習生(掌機術専修)教程『機関術教科書(蒸気機械)』1942年、149頁、参照。

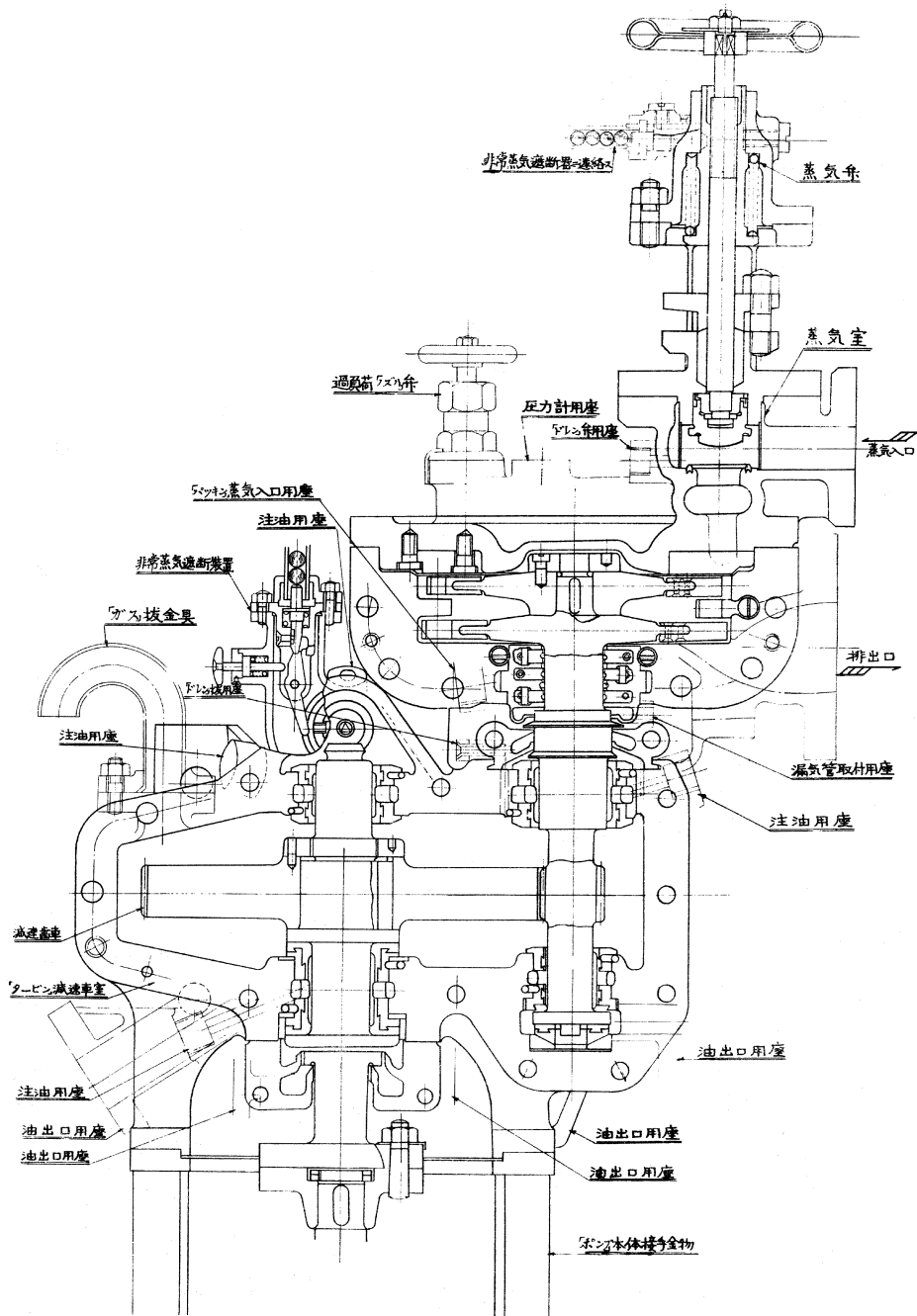
53) 日本海軍における機関室内補機の設計条件は蒸気室圧力：温度にして44kg/cm²：435℃を最高とし、以下、35：385，26：335，21：310，17：285，17：203(飽和)と続く系列を基本とし、機関室外補機についてはこれをやや下回る計画値が設定されていた。生産技術協会『機関計画内規』1955年、43～45頁、第1表、同『船舶機関の饜装』上巻、1958年、275頁、第58表、参照。

54) 海軍工機学校前掲普通科機関術練習生(掌機術専修)教程『機関術教科書(巻ノ一)』1938年、139頁に拠れば、過回転の基準、即ち「危急遮断装置作動回転数」の「計画回転数」に対する比は一般回転式補助機械1.2、抽水ポンプ1.15、直結式給水ポンプ1.25、減速装置付給水ポンプ1.16であった。ガバナは何れも+0%、-3%の許容誤差で調整された。当然、断りの無いモノは減速装置付きなのであるが、やはり、直結式の方が相対的にタフであったことが判る。

55) 生産技術協会『船用機関取扱法』233頁、より。

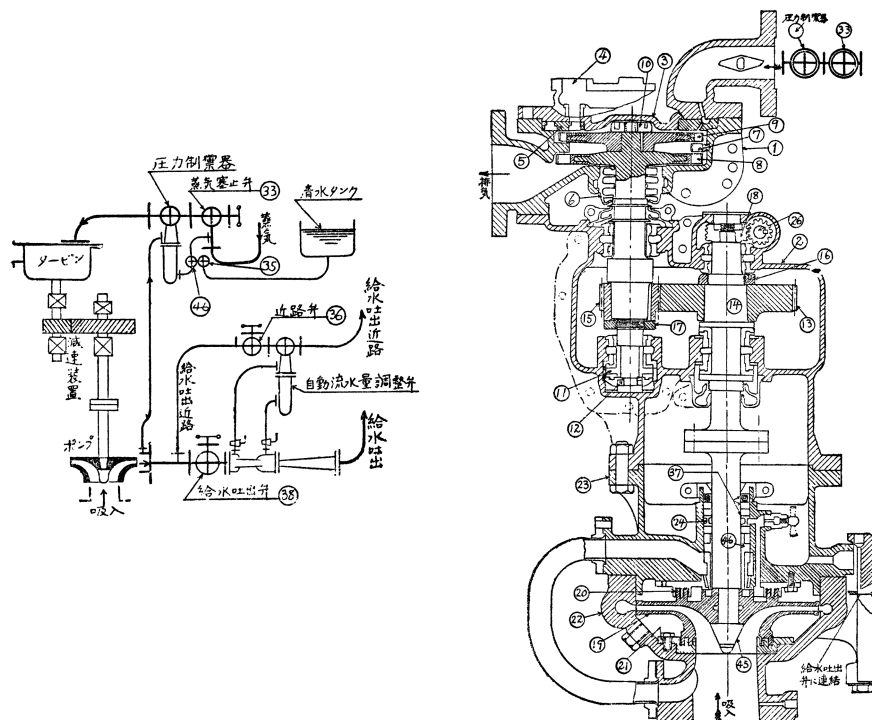
56) 同上書、261頁、より。

図 20 艦本式補機駆動用タービンと減速装置の全体像



海軍工機学校高等科機関術練習生(掌機術専修)教程『機関術教科書(蒸気機械)附圖』1942年,第99図。
生産技術協会『船用機関取扱法』262頁,第1図もほぼ同じ構図。

図 21 艦本式小型タービンを給水ポンプ駆動に使用したボイラ給水機構



生産技術協会『船用機関取扱法』233 頁，第 1 図，234 頁，第 2 図。
右図に相当する工機学校資料の図は大き過ぎるため使用し得なかった。

断装置の構成もヨリ簡素化されていた。

この種の艦本式小型タービンは前掲の圧力注油ポンプや上図のボイラ給水ポンプばかりでなく、冷却水ポンプ、復水器抽気ポンプ、送風機等の駆動に用いられた。送風機に関して上述の輻流式タービン駆動の遠心式送風機と艦本式小型タービン駆動のプロペラ式送風機とをほぼ同一の力量同士で比較したデータが残されているので図 22 として掲げておこう。

なお、『昭和造船史』第 1 巻は当初、最少クラスとして設定されていた 120 型の棄却と新たな大出力 360 型の追加について：

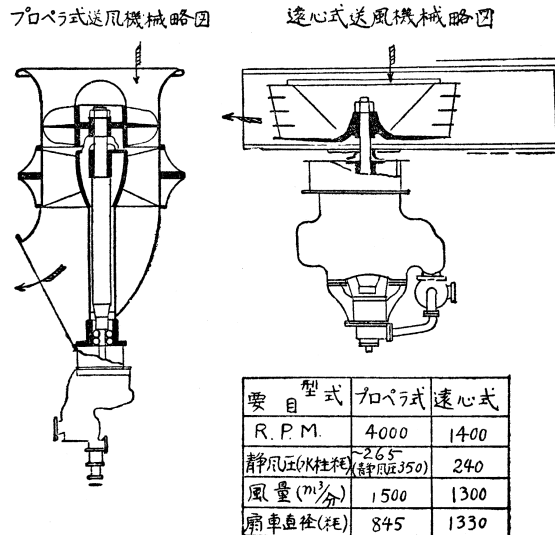
120 型は艦内実用中、その車室とりつけ部に剛性不十分の欠損が見られたので、極力 180 型以上を採用することとした。また 40kg/cm^2 、 400°C の蒸気採用に伴ない、高出力用のものには 1 段大きいピッチ円径を追加計画して、360 型を設けて制式とし、昭和 14 年度計画の駆逐艦島風主給水ポンプ (500 馬力) から、これを採用した。

と伝えている⁵⁷⁾。

120 型に上限一杯の出力を要求した場合、車室に強度不足が露呈したのであろう。翼車が片

57) 『昭和造船史』第 1 巻，682 頁，より。

図 22 艦本式小型タービン駆動プロペラ式送風機と輻流タービン駆動遠心式送風機とのほぼ同一力量比較



『船用機関取扱法』279頁，第1図。

持ち軸によって支持されていることも安定感を欠く設計のように見える。正確な時期は不明であるが、艦本式タービンや艦本式複動ディーゼルのみならず補機駆動タービンにおいても臨機調問題的な状況が密かに出来ていたことを窺わせる記述である。

但し、遺憾ながら、生産技術協会発行資料にフルパワー版 120 型の後退や 360 型の新規投入といった変更点に関する言及は全く見られない。海軍技術少将であり第二世代の 3 筒構成型艦本式タービンの定礎者であった甘利の「第一次大戦以後における我海軍機関の進歩」にも補機駆動用タービンについては 120, 180, 270 型についての平板な言及しかない。つまり、360 型などというモノには皆目、触れられていないのである。

付言しておけば、360 型は島風から、などと称しても、結局、その適用は '43 年 4 月 30 日に竣工した島風単発に終わったものと考えられる。島風以降、この国においてかような蒸気条件を有する艦は建造されていないからである⁵⁸⁾。

してみれば、仮令、上の如き記述が大筋において真であったとしても、360 型は補機駆動タービン整一化の一環というほどの位置付け、言い換えれば、独立の型式を起すだけの意義を主張出来る存在には至らなかった作品と見做されて然るべきであろう。但し、筆者は後程、上の記述には重大な欠落部分が含まれている可能性を指摘することになる。

58) アメリカでは 45kg/cm² 程度が普通に使用されていた。しかし、島風以外の海軍艦艇において計画時点から 40kg/cm² の蒸気圧が導入されたのは 1940 年 4 月 20 日竣工の特務艦 檜野（大和の砲塔を運搬する目的で建造された実験艦の色彩が強い艦。主ボイラはラumont [米]，主タービンは BBC）の 450°C，40kg/cm²，同年 10 月 26 日竣工の陽炎型駆逐艦，天津風の 400°C，40kg/cm² のみである。生産技術協会『船用蒸気タービン設計法』「15 旧海軍艦艇タービン及び減速装置要目」，参照。

6. 補機駆動用カーチス・タービン

旧海軍洋上艦艇用補機駆動タービンの実態を語るに際してより重大視されるべき事実は、かような体系化の確立の背後にあってなお、海軍においては真正のカーチス翼車を有する補機駆動用タービンがかなりの規模において使用されていたという点である。その幾つかは艦本式小型タービンより古い出自で単にその出現後も継続使用されていたというだけのシロモノたちであるが、開発時期が明らかにその投入時期以降に属すると考えるしかないような機種も実在していた。

また、その内の幾つかは直結式の体をなしていた。それは頑丈で大出力の補機駆動タービンへの要求に応える速成策であったと同時に、やや大きなPCDを有し回転数の低いカーチス・タービンを導入すれば、あるいはPCDを縮小したければ3動翼列のカーチス・タービンを用いることにより、厄介な減速装置を排除することが可能となるという思想の現れでもあったと考えられる。

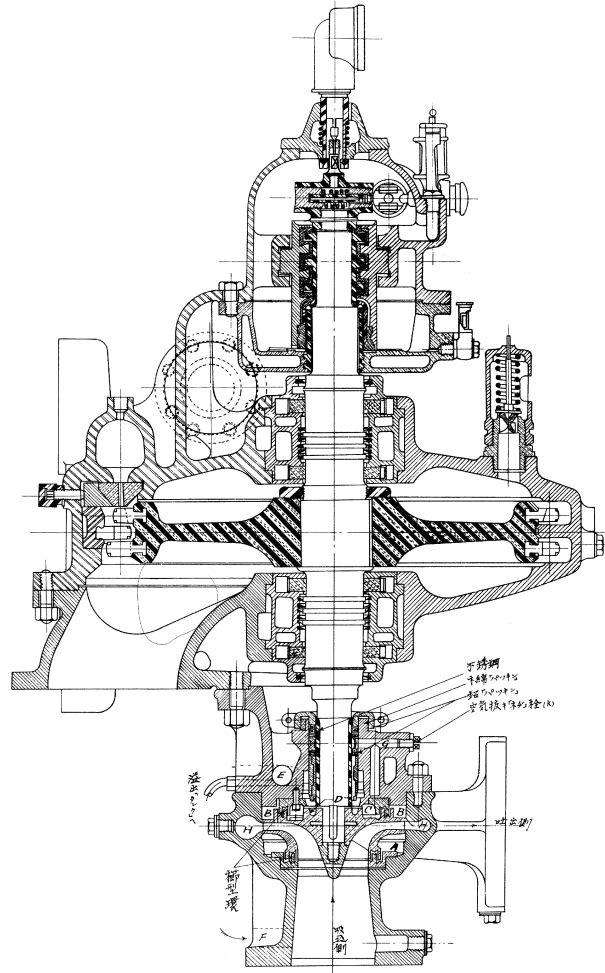
次図はまさにそのような直結式ブラウン・ボベリ給水ポンプである。「単段落衝動タービン」とあり、2動翼列であるからタービンは間違い無くカーチスである。ノズルは組立ノズルであった。過負荷用の補助ノズルが併設されていた点は艦本式と同じである。残念ながら本図が渋谷の語っている吹雪型駆逐艦や『帝國海軍機關史』の謂う吹雪型駆逐艦、高雄型巡洋艦に装備されていたモノをそのままの形で示しているのか否かについては不明とせざるを得ないが、多分、そうなのであろう(缶圧20kg/cm²)。

先にも引いた同時代の資料は「直立旋轉式給水唧筒」としてこの図を掲げつつ：

此ノ唧筒ハ新艦ノ機械室又ハ罐室ニ備ヘツケラレタル給水唧筒デ回転數大ナルノミナラズ構造動作「ウエヤー」式ニ比ベテ極メテ微妙デアルカラ常ニ周密ナ注意ヲ以テ取扱ハネバナラス

とした上で、その主噴口・補助噴口が組立ノズルであること、車室安全弁調整圧が3kg/cm²であること、車軸上部に危急調速装置とスラスト錨とを一体化したものがねじ込まれていたこと、グラウンド・パッキンとしてカーボン・パッキンと蒸気ラビリンス・パッキンとが併用されていたこと、最上部に装備されているのが回転計で、調速装置は6800rpm.で蒸気を遮断するようにセットされていたこと、附属する圧力制御装置のゴム製ダイヤフラム“p”の上にはポンプ吐出し圧が、下にはボイラ蒸気圧が導かれ、ボイラ圧が20kg/cm²である場合には給水圧が25kg/cm²となり、17kg/cm²の時には22kg/cm²となるよう制御されていたが、その差圧はバネの調整により可変とされていたこと、ポンプはその作動を安定化させるため常に一定量以上の水を吐出し続け、給水量は給水流れをベンチュリーに導き、その圧力(流量)を自動調整弁で検出して給水戻り管の水量を調節することによって制御されていたこと、ポンプ翼車の

図 23 Brown Boveri 給水ポンプ



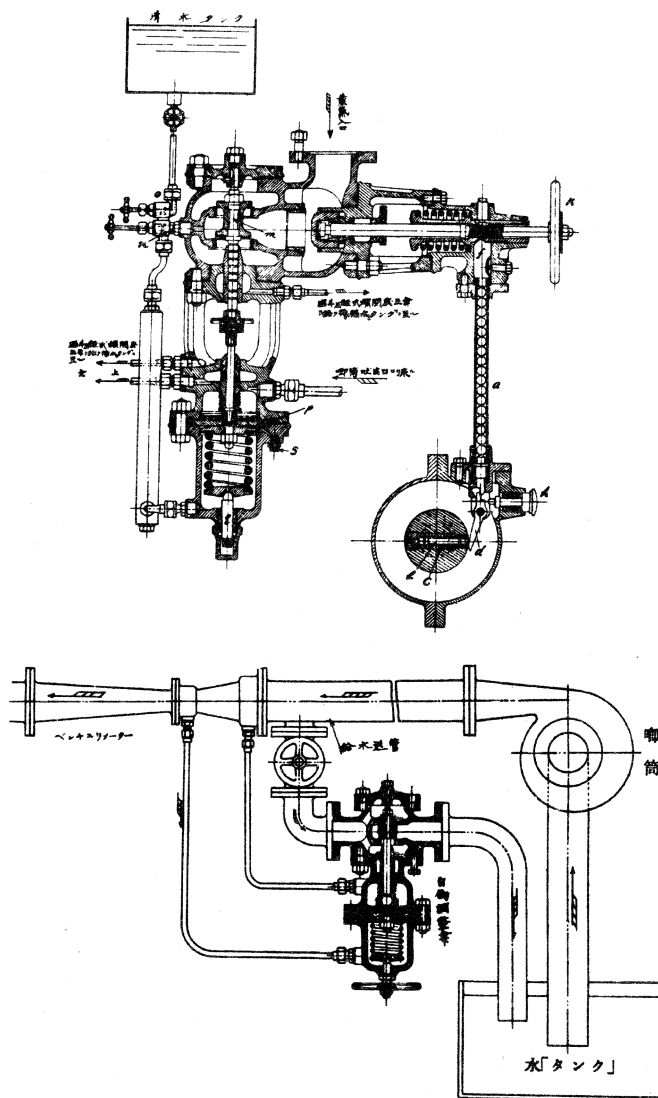
海軍工機学校高等科機関術練習生(掌機術専修)教程『機関術教科書
(蒸気機械) 附圖』1942 年, 第 79 図。

軸受はホワイト・メタルであったが木綿のパッキングと鉛のそれが添えられ、なおかつ不銹鋼製の覆金でカバーされていたこと、ボイラ汽水分離ドラムには一定水位保持のために浮きを用いる「マンフォード自動給水加減器」が設置されていたこと、について解説している。

それにしても、これだけの資料に艦本式小型タービンを原動機として有する回転補機についての記述が「尚近來ハ『タルビン』ト扇車トノ間ニ齒車減速装置ヲ入レタモノモアル」とある以外に一切見られないことは 1941 年 1 月というその印刷時期の然らしむところであったと解釈せざるを得ぬとは言え、残念至極である⁵⁹⁾。

59) 横須賀海軍工廠工員養成所『造機學教科書 卷之一, 第一編 罐及罐部關聯諸裝置』24~29 頁, 同『造機學教科書附圖』第 33 圖 A~E, 第 34 圖 A~D, 参照。

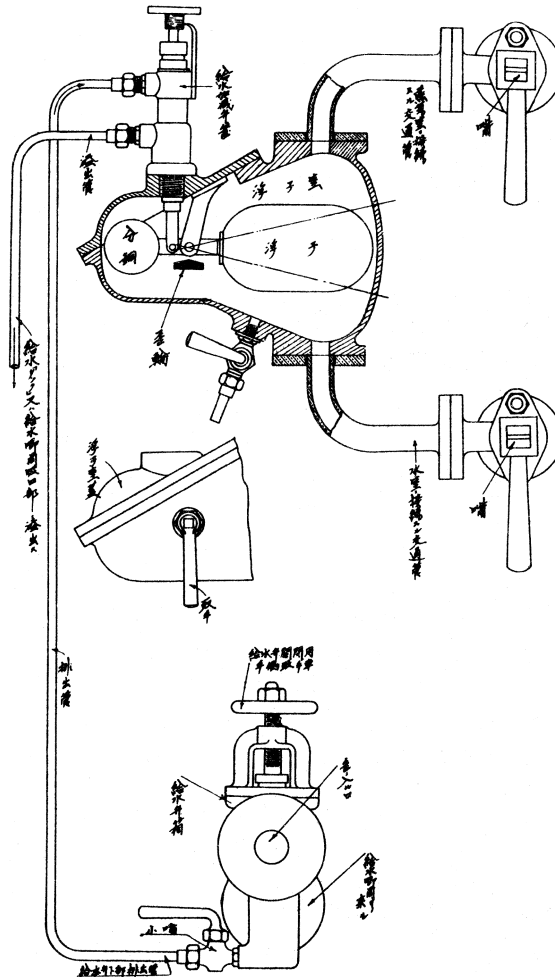
図 24 圧力制御/危急遮断装置と水量自動調整装置



横須賀海軍工廠工具養成所『造機學教科書 卷之一，第一編 罐及罐部
關聯諸装置』附図(別冊)，第33圖(B)，(D)。

給水ポンプには2動翼列カーチス+単段衝動・直結という組み合わせも存在した。それは『機
關術教科書』本文に「改良型直結給水ポンプ」と称されているものであり、タービン側の強度
を増すため減速装置を廃した点を含め、基本構成はBBC ポンプ譲りであるが、ポンプを多段
化したりはせず、タービンを2段化し、その出力引上げに依って高速化を図りつつ流体流れを
改善して比較的高い圧力を得ようとする安直な改良版であった。朝永はこれについて吐出圧力
25kg/cm²/6100rpm. という例を挙げると共に、この種のポンプを低圧・大流量が求められる

図 25 マンフォード自動給水加減器



同上書，第 34 圖 (C)。

復水器冷却用海水ポンプとして用いる例もあったと述べている⁶⁰⁾。

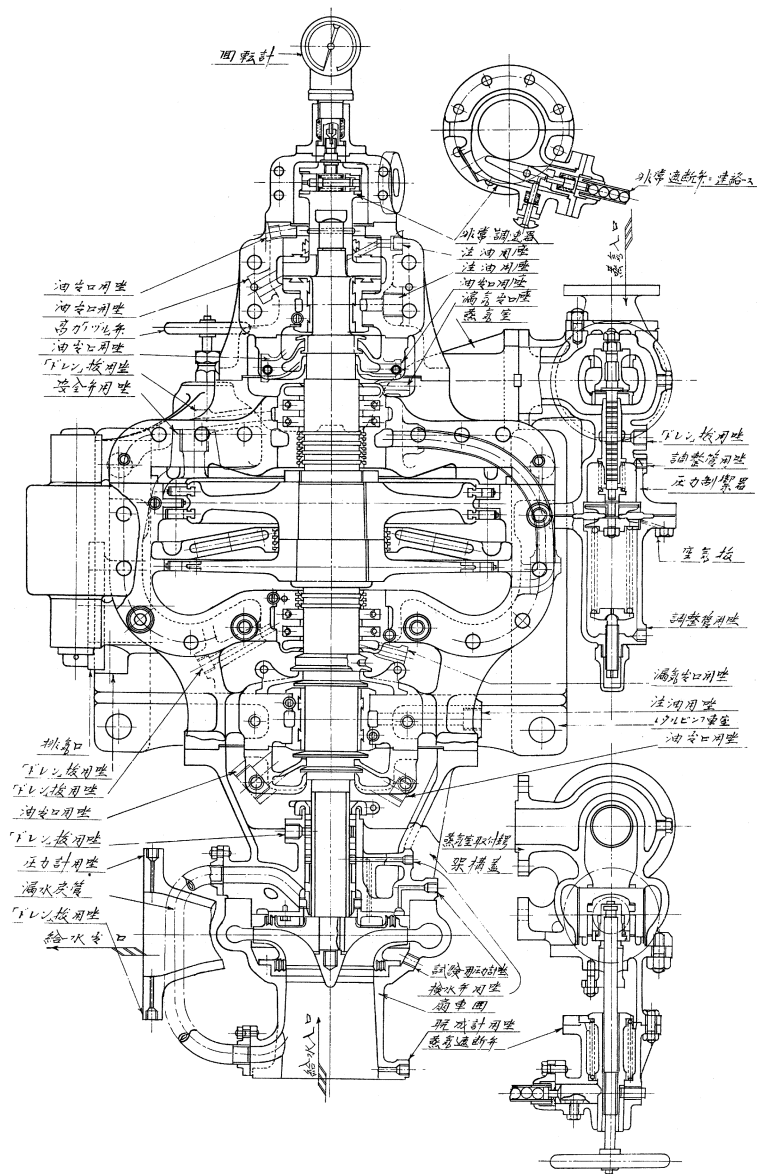
『昭和造船史』は何れも 1937 年に竣工した駆逐艦 夕立および最上型巡洋艦の鈴谷以降の新造艦艇 (缶圧 22kg/cm²) の主給水ポンプに「直立ターボ直結渦巻式ポンプを使用した」と伝えている。上の圧をもう少し追い込めば、本ポンプは充分、その程度の任には堪えたであろうから、図 26 はそれを表現したモノと考えるのが相当であろう⁶¹⁾。

図 27 はボイラに給水する主給水ポンプの内でも「高圧水ポンプ」と呼ばれたモノである。タービンは相変わらず 2 動翼列のカーチスであったものの、ポンプが 2 段化されている。海軍

60) 朝永『舶用機関』137, 138 頁，参照。

61) 『昭和造船史』第 1 巻，682 頁，参照。

図 26 改良型直結給水ポンプ



海軍工機学校高等科機関術練習生(掌機術専修)教程『機関術教科書(蒸気機械)附圖』
1942年, 第89図。朝永『船舶機関』の138頁, 図5・4も同じ。

においては上に引いた『造機學教科書』や海軍工機学校普通科機関術練習生(掌機術専修)教程『機関術教科書』(巻ノ二), 1938年11月, 73頁の記述にも拘わらず, 1937年4月26日以降, ボイラ・ドラム内圧力プラス $6\text{kg}/\text{cm}^2$ を以てボイラ給水ポンプの吐出圧力標準と定めていた。しかし, 主ボイラの蒸気条件高度化によりポンプ翼車1段では水圧をそこまで上げ切れないために開発されたのがこれである。つまり, これは新旧不詳ではなく確実に比較的新しい世代に

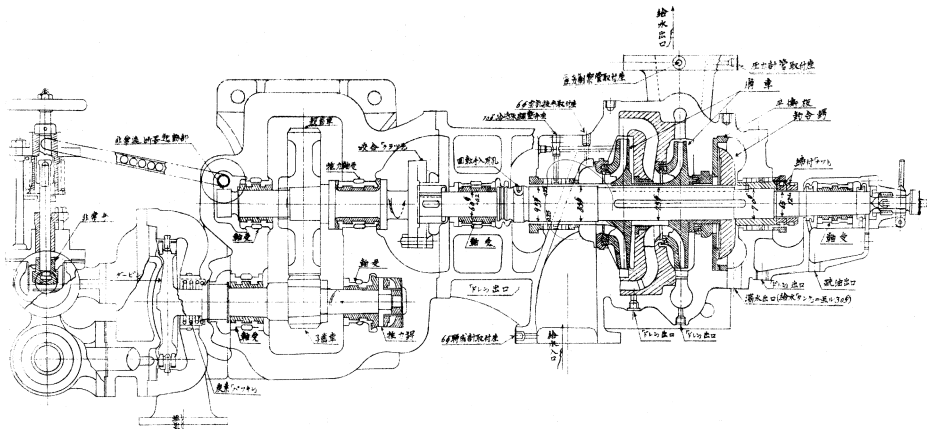
属する技術である⁶²⁾。

「30kg/cm²、350℃以上の高圧高温蒸気を採用した新造艦艇には、横置ターボ減速装置付2段渦巻式ポンプを使用した」と伝えられている一件は明らかに本機を指してのことであろう⁶³⁾。

因みに、日本海軍洋上艦艇用ボイラにおける蒸気条件としてこの値に到達した嚆矢は1933年11月20日竣工の水雷艇 千鳥であった。しかし、次席までには'36年10月10日竣工の同、鴻までやや間が空き、三番目が'39年11月6日竣工の一等駆逐艦 陽炎となる。そして、'37年10月31日竣工の駆潜艇 53号(ホ号艦本式ボイラ)、'40年7月10日竣工の特務艦 檜野、'43年4月30日竣工の島風といった例外的試みを除けば、陽炎型19隻以降、1941年より後の新造駆逐艦 夕雲型19隻、松型32隻の他、阿賀野型軽巡洋艦4隻、軽巡洋艦 大淀、翔鶴型航空母艦2隻、祥鳳型空母2隻、空母 大鳳、雲龍型空母3隻(完成した艦)における蒸気条件は敗戦まで須らくこの水準止まりとなっている。

それらのほとんど全てに装備された数百基のロ号艦本式ボイラ群が軒並み本「高圧水ポンプ」

図 27 主給水ポンプ組立(横置二段式)



同上『機関術教科書(蒸気機械)附圖』第90図。

ロータ(扇車)に作用するスラストを車室内右端のバランス・ピストン(釣合鏝)で均衡させる構造に注意。

62) ボイラ給水ポンプの吐出圧力標準については生産技術協会『機関計画内規』113頁、参照。海軍ではこれに先立つ1932年9月1日以降、新造艦艇の主給水ポンプを中圧型(MR)、高圧型(HR)、超高压型(SR)に分類し時間当り吐出量を11段階に区分していたが、実際の吐出圧力についてはこの+6kg/cm²が被せられたようである。11段階区分については生産技術協会『造機設計標準(旧艦本機普報)』上巻、1953年、65～66頁、参照。

なお、海軍機関学会『軍艦機関計画一斑』巻ノ二、改訂増補三版、299頁には「罐ノ使用壓力ヲ超過スルコト五十听以内ノ吐出壓力ヲ以テ罐ニ給水シ得ルモノトシ尚平靜円滑ニ五割ノ超過力量ヲ発生シ得ルモノナルヲ要ス」とある。これは最低でも+3.5kg/cm²、但し+5.2kg/cm²まで可能であるべし、ということであろう。

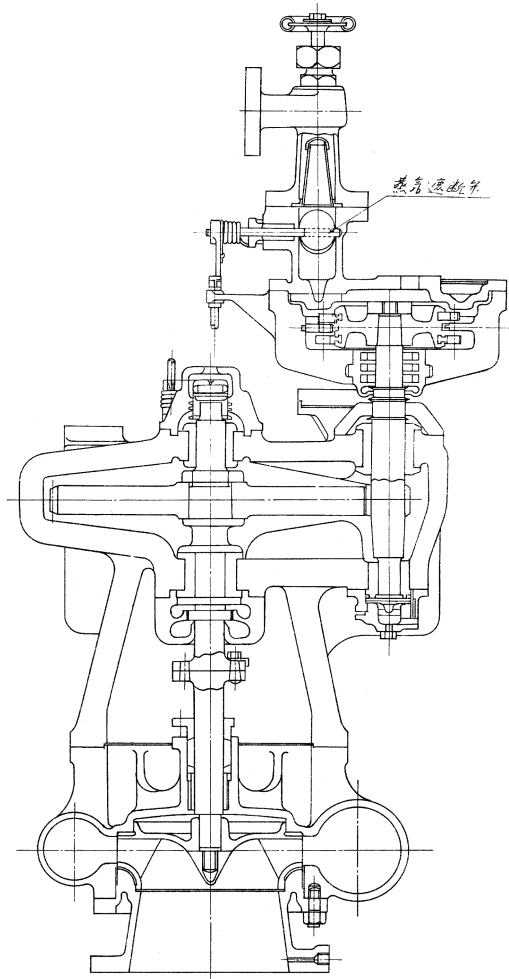
63) 『昭和造船史』第1巻、682頁、参照。

を具えていたとの明言は見当たらずなのではあるが、さりとて本機に代り得る装置が用いられたことについて教えてくれる記述もまた管見に拠れば存在していないワケである。

なお、この図に記入されている 95mm なる寸法値を基準として図の寸度をノギスで測ってみると、タービンの PCD は 320mm ほどになる。しかし、この図が寸度に正確性を欠くことは 60φ と 65φ の部位を比較すると後者の方が小さいという点に露見しており、筆者は単にこのタービンのノズル数を幾分増やした応用機種程度の産物こそが『昭和造船史』に言う 360 型の正体ではなかったのかと推測したい気持ちに駆られている。

それにしても、事実がどうであったにせよ生産技術協会関係者の筆になる資料類に正真正銘の“量産”機種であったと思しき本「高圧水ポンプ」に関する記述を欠いていることに対してはより強い批判が呈されねばならぬであろう。

図 28 渦巻冷却水ポンプ組立



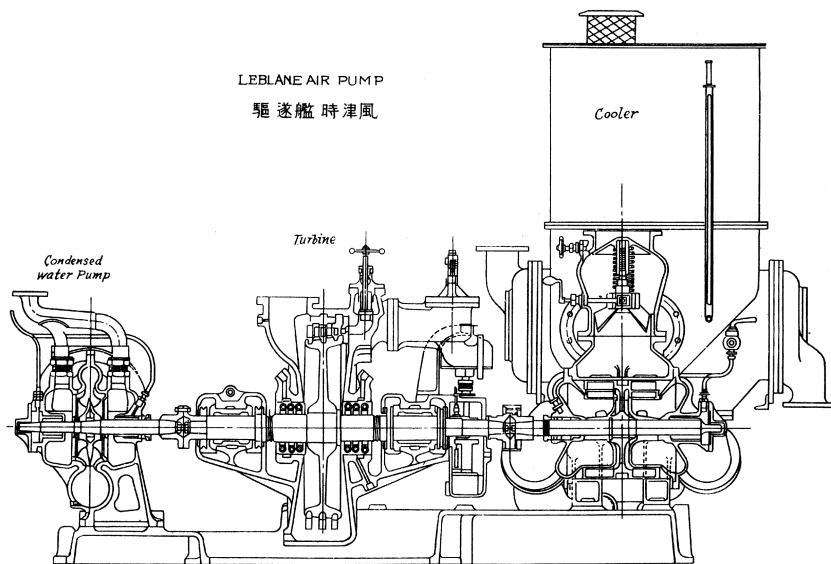
同上書、第 96 図。

付言すれば、2 段どころか数段を有する多段タービン・ポンプは鉱山排水やプラント用、消防用に実用されていたから、この程度のメカは当時の我国においても陸用でならごく有り触れた技術に過ぎなかった⁶⁴⁾。

図 28 に示すモノは油冷却器の冷却管に海水を送り込む渦巻ポンプである。タービンは 2 動翼列カーチス。この用途では一転して圧力よりも流量が重要となる。

また、3 動翼列のカーチスに依る直結式ポンプというモノも確かに存在した。その一つはルブラン抽気・抽水ポンプの駆動に用いられたそれである。同ポンプは 1913 年、軍艦出雲の火薬庫冷却装置（蒸気噴射冷凍機の復水器）と軍艦駒橋の主復水器用に試験的に導入されていたが、未だ十分にその真価を確認し得なかったとして 1917 年、磯風型駆逐艦 時津風に再度、試用された。次図に示されるポンプがそれである。当初、この装置には不備があったものの、改造に因り良好な結果が得られ、回転補機の将来性が指し示された。このポンプは同年竣工の桃型駆逐艦 柳にも採用されている⁶⁵⁾。

図 29 時津風（初代）の抽気・抽水ポンプ



『帝國海軍機關史』下巻，606 頁，第二百二十八図。

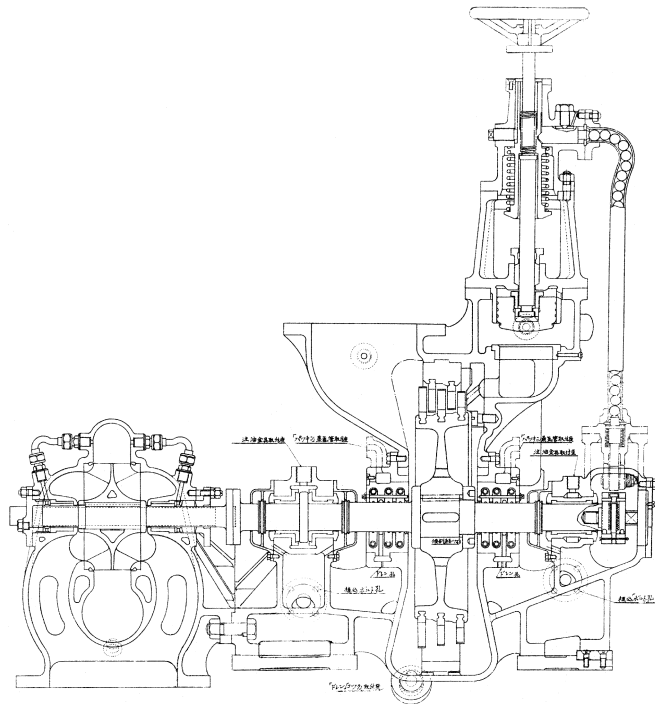
3 動翼列の今一つの例は年代不明ながら、油冷却器の冷却管に海水を送り込むポンプである。出典文献の性質からしてこちらは上の例のような古いモノではなかろう。無論、排気タービンというのはターボ・コンパウンドの謂いではなく主機の排汽を利用するとの意味で。もっと

64) 一例として、機械學會『國産機械圖集』図 9-5~9-8，日本機械學會『改訂国産機械図集』167~168 頁，参照。

65) 『帝國海軍機關史』下巻，602，606~607，609 頁，参照。

も、この目的には主としてウェヤー・ポンプや電動機直結ポンプが使われていたようである。油冷却器への送水量は循環する油量の2.5～3.0倍、ポンプの吐出水頭は20mという低い値であった⁶⁶⁾。

図30 排気タービン渦巻冷却水ポンプ



海軍工機学校高等科機関術練習生(掌機術専修)教程『機関術教科書(蒸気機械)附圖』1942年、第97図。

以上、確認されたのは生産技術協会関係者の筆致とは裏腹に、日本海軍洋上艦艇において、艦本式小型タービンの制式化以前においても以後においても、ヨリ標準的な構造を有する2～3動翼列を有するカーチス・タービンが補機駆動用原動機として用いられる事例が連綿として継続していたということである。これに加え、余り多くが語られていない島風ボイラ給水ポンプ用の所謂360型がその系列に属する一派生機種であったという点についても濃い疑いが払拭出来ないワケである。

7. 大和型戦艦の主砲々塔旋回装置

砲塔旋回装置とはその名の通り、砲塔、ここでは戦艦、巡洋艦等の主砲々塔を縦軸回りに旋

66) 生産技術協会『船舶機関の艤装』上巻、205～206頁、参照。

回させる装置である。但し、大和型の主砲について実際には「旋回、俯仰、揚弾、揚葉、装填、運弾等原動力ハ總テ水圧式デアツテ、其ノ圧力ハ $70\text{kg}/\text{cm}^2$ デアツタ」と伝えられている⁶⁷⁾。

今様に考えればかような処は油圧式となっていて良さそうなモノであるが、油圧と“水圧”との線引きとして口径 20cm 以下の中小口径砲には油圧、同 36cm 以上の大口径砲には水圧が適用された。これは後者においては油使用量がバカにならぬため、油資源節約のための便法であつたらしい。45 口径 46cm 砲を有する大和型の場合も上述の通り水圧式であつた。もっとも、“水圧”と表記されたとは言え、実際に作動流体として用いられたのは蒸留水と潤滑剤としての水溶性切削液ないしは乳化油との混合液である。

さて、日本海軍では戦艦 三笠以来、一貫して蒸気機関による直接の主砲操作方式が踏襲されて来た。しかし、文献には、やがてその作動を円滑化するため「從來ノ三箭式ニ對シ六箭式ヲ採用シタリシガ明治四十五年進水ノ巡洋戦艦金剛ニ至リ其ノ主砲塔ノ旋回機械ニ始メテ水力發動機 (Hydraulic Motor) ヲ使用セリ」とある⁶⁸⁾。

つまり、蒸気機関に依る直接機械的駆動から水圧を介する方式へのシフトが為されたワケである。水圧ポンプを駆動し水圧モータを作動させる原動機は従来通りに蒸気機関であり、日本海軍においてはアームストロング社の製品に範を求めた串型複式^{タンデム}蒸気機関が駆動用原動機として用いられ続けた⁶⁹⁾。

もっとも、36cm 砲を有する金剛を建造した Vickers 社は Armstrong 社のシステムを採用せず、メンツにかけて自社の水圧システムを開発し、日本海軍もこれを範とする装置を金剛型 4 隻と戦艦扶桑の 36cm 砲の旋回装置に使用した。しかし、このシステムには不具合が多発したため、扶桑型の 2 番艦である山城以降、日本海軍はアームストロング式旋回装置へと転じたようである（この両社は結局、1927 年に合併している）。

大口径砲の俯仰には蒸気機関によって直接駆動される水圧ポンプからの水圧を受ける水圧シリンドラが用いられ、平明なシステムの構築を見ていたと目されるが、小口径砲の俯仰と全ての砲塔の旋回装置に関しては“整動機”と呼ばれる独特の、ある種の変式水圧ポンプと水圧モータとのペアを介する方式が用いられ、456 ないし 659 馬力のレシプロ蒸気機関にこの“整動機”入力軸を駆動させるという水圧伝動方式が日本海軍の定番技術となっていた。

ここに謂う“整動機”とは水力伝動装置とも呼ばれるモノで、入出力側の速度比をゼロから土の限界値まで迅速かつ無段階に変更出来、精密な照準のために静かで正確な停止位置決め

67) 引用は牧野 茂・福井静夫編『海軍造船技術概要』上巻、今日の話題社、1987 年、45 頁、より。因みに、 $70\text{kg}/\text{cm}^2$ は $1000\text{lbs}/\text{in}^2$ に相当する。

68) 引用は『帝國海軍機關史』下巻、618 頁、より。

69) 『帝國海軍機關史』下巻、616～622 頁、『昭和造船史』第 1 巻、446～447 頁、参照。但し、戦艦 比叡のみは '40 年終了の大改装の際、水圧ポンプ 1 基が大和型への試行として BBC 製のターボポンプに置換えられている。『昭和造船史』第 1 巻、524、819 頁、参照。

が可能な伝動装置であった。先次大戦期の日本海軍洋上艦艇における小口径砲旋回装置の場合、“整動機”への入力は電動機に依っていた。また、その俯仰にも同じシステムがラック・ピニオン機構との組合せ等が使用されていた。しかし、大口径砲の主旋回ならびに主俯仰装置に電動機は用いられず、専ら蒸気機関で“整動機”を駆動する水圧システムが用いられた。

但し、大口径砲においても電動機を以て“整動機”を駆動する旋回装置は金剛型巡洋戦艦、扶桑型および伊勢型戦艦に、同工の俯仰装置は金剛型、伊勢型に予備装置として装備されていた。しかし、41cm 砲を有する長門型戦艦はこの予備電気駆動“整動機”さえ欠いていた⁷⁰⁾。

この“整動機”自体には様々な型式が存在したものの、原理的には何れも舵取り装置に用いられたウィリアムズ・ジャンネーやヘルショーのポンプのような可変・可逆行程プランジャ・ポンプとその兄弟のような定行程プランジャ式水圧モータを組合せたモノであった。この内、次図に示されるのは、恐らくかの“シュレフケ技師”の自動車においてそうであったような格好でポンプとモータとを直接的に対向させてユニット化したコンパクト機構である。そのポンプ側の斜板の傾きを変えることにより流量と流れの向きをある範囲において任意に設定し、水圧モータ側を自在に操ることが出来るワケである⁷¹⁾。

もっとも、日本海軍において砲塔旋回装置に用いられた“整動機”がかようにユニット化されたモノばかりであった筈はないのであって、レシプロ蒸気機関を原動機とする以上、その主流は前掲図6のような配管、それも遥かに長い配管を介するそれであったとしか考えられない。つまり、図31左下の仕切り板に見られるスリット“()”をダブルにしてそれらを例えば“(—(”と“)—)”といった格好で連結してやるワケである。であればこそ油の使用量が莫大となり水に何がしかの潤滑剤を混ぜた“代用品”の使用にも走らねばならなかったのである。

電動機を用いる場合、かかる方途に訴える必要性は乏しいから、結局、ユニット化された“整動機”と分離型のそれとが混用されていたようである。また、後者においてはポンプ側とモータ側の容量に格差のある組合せが案配されたり、また、俯仰装置においてはモータ側が油

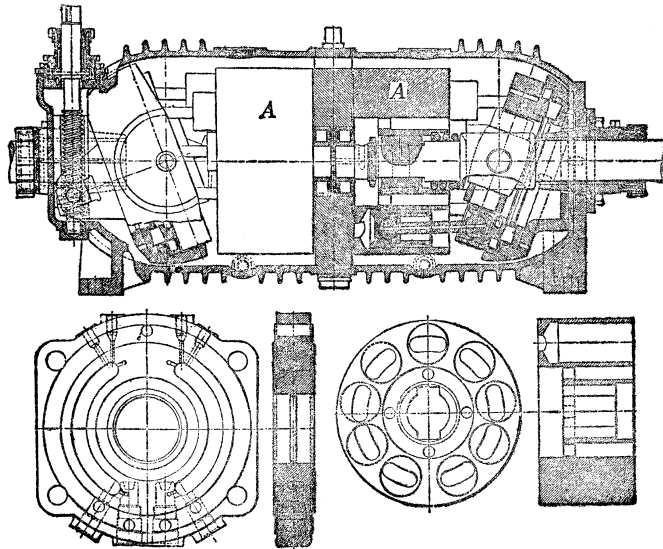
70) 『帝國海軍機關史』下巻、619 頁、第二十四表、参照。また『昭和造船史』第1巻、702～703 頁も参照のこと。

71) ポンプ及びモータ側のシリンダ数は奇数となっている。これは m を自然数、 n をシリンダ数とする時、送油量の変動率は $n=2m-1$ の場合方が $n=2m$ と1つ多い場合よりも却って小さくなるという解析的理由に因る。ウィリアムズ・ジャンネー式傳動装置に係わる解析的分析については野口尚一『機構學』山海堂、1937 年、368～372 頁、参照。

“整動機”一般の機構について簡単には沖前掲『ポンプ及び水壓機』220～224 頁、丹羽忠愛「旧海軍と流体機械(思い出)」日本油空圧学会出版委員会編『油空圧の進歩 100 人の証言』1990 年、所収、参照。

但し、それらに掲げられているウィリアムズ・ジャンネー系伝動装置の図は次に引く図を含め、内容的にかなり古いモノのそれである。

図 31 Williams-Janney 式伝動装置



沖 巖『ポンプ及び水圧機』221 頁，第 166 図。

A はシリンダ 9 個を持つポンプ側回転ブロック（下図右反転）で，原動軸により直接回され，中のポンプ・ピストンは可変角度の自由回転斜板との相対距離変化に伴い公転しつつ往復運動し吸排油する。

排出された油は中央の仕切り板（下図左）の長いスリット“()”を通じてモータ側回転ブロック A（下図右）のシリンダに入り，モータ・ピストンを押す。その推力はモータ側の固定角度自由回転斜板に受止められ，ピストンを円周方向に回すトルクとなって斜板とモータ側回転ブロックとを共回りさせる。モータ側回転ブロックと従動軸とは 1 個のカルダン・ジョイント（十字軸式自在接手）で接合されており，従動軸はモータ側回転ブロックと共に回転させられる⁷²⁾。

圧シリンダに置換えられたりしていたようである⁷³⁾。

もっとも，一体式であれ別体式であれ原理的には同じことで，ヴィッカース社のウィリアムズ・ジャンネー式 Universal Transmission ないし Janney's controller に近いモノであったが，構造的にはアームストロング社の Swash-Plate Hydraulic Motor にも範を求めた装置で

72) この図はモータ側の十字軸式自在接手が 1 個しか無く，スラスト軸受に円錐コロ軸受を用いる旧式の機構を表す。自在接手としては受金輪の回転角速度の周期的変動に起因するプランジャの回転前後方向振動による漏洩・摩耗を防ぐにはその変動を内部で吸収するダブル・カルダン接手のような等速接手が望ましく，また装置内部は油で満たされているためスラスト軸受にはすべり軸受を用いる方が攪拌損失も占有スペースも小さく好適である。更に，運転中，傾転箱を傾ける際の操作力・振動軽減のため新たに釣合シリンダなるものが開発された。前掲図 5 下はそのような改良が施されたウィリアムズ・ジャンネー式ポンプである。

73) 『帝國海軍機關史』下巻，618～619，621～622 頁，参照。この辺りの記述に曖昧さが残る一因は同書の 620 頁が欠落しており，付図が見当たらないことにある。

なお，砲煩関係を含む日本海軍の艦艇用水圧装置の概要については別稿「日本海軍艦艇における水圧伝動装置について」を用意している。

あったらしく、その最大作動圧もまた後年の大和型の水圧装置と同一の $70\text{kg}/\text{cm}^2$ に設定されていた。

アメリカやドイツにおける電動化の進展とは対照的に、イギリスに学び、かつ、電機技術に弱味を託った日本は更なる大口径砲、即ち大和型戦艦の 46cm 主砲 3 連装 2300t の操縦をもこの液圧伝動方式に委ね続けようとしていた。ところが、その開発過程において主砲々塔旋回装置を長門型戦艦までの旧方式で賄うとなれば、動力供給原動機たるレシプロ蒸気機関に対して要求される出力は 1 砲塔分の 1 基当り 5000 馬力に達し、その蒸気消費量は莫大となり、3 砲塔旋回（ $\Rightarrow$ 全力航行）中は全力航行（ $\Rightarrow$ 3 砲塔旋回）が不可能となってしまうと判明した⁷⁴⁾。

そこで、水圧ポンプ駆動原動機のタービン化と水圧ポンプの回転化に依って効率良く発生させた大容量の流体のエネルギーを従動側で処理させる水圧伝動システムの採用が決定された。これは即ち、多段タービン・ポンプによって $70\text{kg}/\text{cm}^2$ の水圧を発生させ、その水圧を鋼管によって従動側に当るウィリアムズ・ジャンネー式の変・可逆水圧モータに伝える方式であったようである⁷⁵⁾。

ここに“ようである”などと表記したのは水圧モータの構造について『昭和造船史』第1巻に「46cm 砲塔では油圧用のジョンネ・ギヤを水圧式に改造したものを附加し、起動時または微速時に高水圧を供給して起動トルクを増し、砲塔の旋回操縦性能を向上させた⁷⁶⁾」などと不明確な記述が見出されることを意識してのことである。

然るに、「ジョンネ・ギヤ」とは言い条、大和型ではワザワザ高压タービン・ポンプを働かせた以上、“整動機”のポンプ側は要らぬが道理である。よって「ウィリアムズ・ジャンネー式の変・可逆水圧モータ」と表記したワケである。つまり、変・可逆行程プランジャ・ポンプを水圧モータとして逆用したモノの謂いである。

もし、ここに一体式であれ別体式であれウィリアムズ・ジャンネー流の“整動機”そのものを用いるなら、水圧ポンプからのエネルギーを水タービンでも受け止め、“整動機”の入力軸を駆動させるなどという回りくどいシステムが構成されなければならない。無論、その場合には元々の油圧式を水圧式に改造する必要など生ずる筈もなかったワケである。

では、真実は奈辺に在るのか？ 御多分に漏れず、この点についても渋谷は決定的に重要な記述を残してくれていた。曰く：

砲塔の動力用水圧ポンプが問題であったと同様に、砲塔を旋回する発動機が問題であっ

74) 生産技術協会『旧海軍技術資料 第1編』(1), 1970年, 36, 72, 同(2), 174~175, 328頁, 同(6), 1970年, 66頁, 参照。

75) 曾我 清「タービン高圧水圧ポンプ」『生産技術』第2巻 第7号(1947年9月), 甘利前掲「第一次大戦以後における我海軍機関の進歩」, 松本喜太郎『戦艦大和, 武蔵—設計と建造』芳賀書店, 1961年, 162~164頁, 参照。

76) 『昭和造船史』第1巻, 702頁。

た。全速で旋回している大重量を、急に反転したり、停止したり、また微妙な照準操作に急変したりするためには、特別な発動機を必要とした。そのために、主旋回装置として斜盤式半分型 500 馬力水分【力】発動機と、補助装置として 100 馬力整動機を用いた。そのほか砲を俯仰したり、給弾したり、給薬したり大きな尾栓を開閉したりするために、各種の発動機を用い、前記のタービン・ポンプが、これらすべてに給水した⁷⁷⁾。

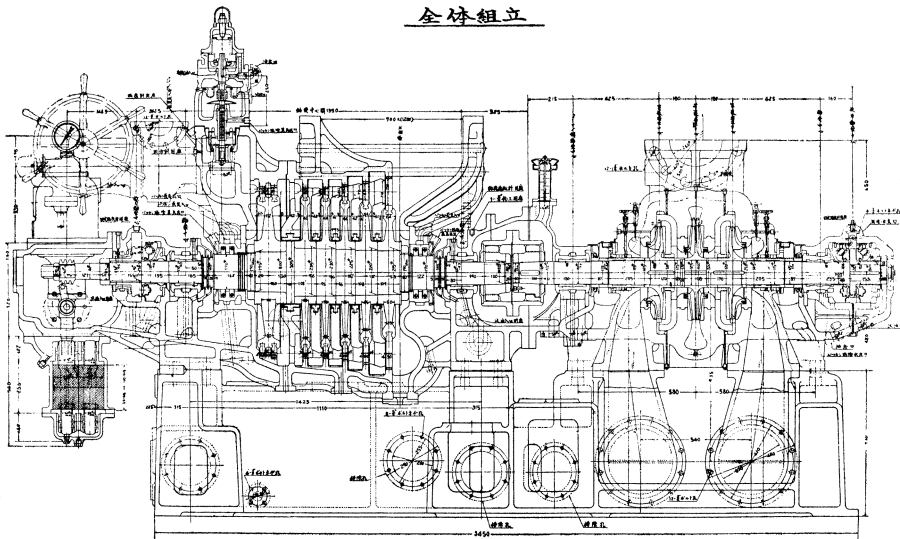
主旋回水圧モータは 2 つ在り、その内の 1 基が予備であったことは判っている。そして渋谷の「斜盤式半分型」なる表記から、やはりその型式が「ウィリアムズ・ジャンネー式の変可逆水圧モータ」に類するモノであったと判断出来るワケである。但し、その他にも水圧駆動の「100 馬力整動機」や「各種の発動機」が主砲の操作に用いられたという記述をそのまま受け取るなら、それらは上に“回りくどい”と形容した水タービン駆動の整動機群であったのであろう。であるとすれば、それらは異常な程に煩瑣なシステムを構成していたということになる。

さて、当然ながら件の高圧タービン・ポンプの開発などという課題は従前、砲塔旋回装置を所轄して来た砲煩部の手には余る業であった。このため、機関を所轄する艦政本部第五部がこの部分を担当することとなった。そして、艦本第五部では広工廠において北川をリーダーとするチームに依り、第一次世界大戦後、菱川万三郎駐在武官によって陸上設備用に購入され呉海軍鎮守府軍需部の倉庫に保管されていた BBC のタービン水圧ポンプ (70kg/cm², 400t/h) を参考に次図のようなタービンと高圧遠心式タービン・ポンプとのユニットが開発された。そして、

図 32 大和型戦艦の主砲旋回装置用タービンと高圧タービン・ポンプ

タービン高圧水圧ポンプ

全体組立



曾我 清「タービン高圧水圧ポンプ」『生産技術』第 2 巻 第 7 号 (1947 年 9 月), より。

77) 『旧海軍技術資料 第 1 編』(6), 67 頁。

この高圧タービン水圧ポンプは従動側のヤヤコシイ装置群と共に陸上実験及び大改装された比叡で1基試用の上、大和と武蔵に装備された。

使用蒸気条件は大和型の主ボイラのそれであったから、残念ながら $25\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 325°C とアメリカに知れたら恥かしい位に低級であり、一時、ディーゼル主機構想を進めていた艦本第五部内にも反発が渦巻くほどであった。この蒸気を受け取るタービンはお手の物の艦本式衝動タービンで、夫々の直下には復水器が備えられていた。その計画出力は5000馬力。実用出力3600馬力/3700rpm. であった。BBC型の2段輻流ポンプを背中合せにタンデム化した高圧ポンプの定格吐出圧力および吐出量は $70\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 $800\text{t}/\text{h}$ であった。背中合わせにしたのは勿論、扇車に働くスラストを互いにキャンセルさせ合うためである。

この重量152tの水圧ポンプ・ユニットは大和型戦艦に1砲塔当り1つと予備1つの計4基装備され、各々が損傷対策としての水圧タンクを従え、全てが吸込み側300φ、吐出し側180φの水圧管で相互に連絡されていた。余談ながら、この水圧ポンプ1基から吐出される水が持つエネルギーは2070馬力強に相当するから、その効率は57.5%ほどであったということになる⁷⁸⁾。

本装置は急激な立上げと全負荷運転に耐えるモノであり、部分負荷効率に劣る蒸気タービンの欠点が現れ難い適材適所的な遣われ方の一形態であると共に、抱合せに依る作品であるとは言え、その容量からすれば世界に稀な、ある意味において突出した作品であった。然しながら、アメリカやドイツではより制御性に優れた電動化が進んでおり、元々このような砲塔旋回用原動機としての高圧・タービンポンプ・ユニットに対するニーズ自体が存在してはいなかった。

むすびにかえて

歯車式注油ポンプの軸受焼損や「抽気ポンプ附属の油ポンプの連動軸欠損の為潤滑が停止し、抽気ポンプの作動が止まり駆逐艦が航行途中で立往生したと云うので特に独立注油ポンプを装備したこともある」といった様々な初期故障と対策とを経ながら蒸気タービン駆動の回転補機は日本海軍洋上艦艇における補機の代表格となっていた⁷⁹⁾。

渋谷は：

回転補機が一応安定するまでには色々と問題はあったが、必ずしも致命的のものはなく

78) 毎秒吐出し量 $[\text{kg}] = 800 \times 1000 \div 3600 = 222.2\text{kg}$ 毎秒吐出し水柱高さ $[\text{cm}] = 222.2\text{kg} \div \text{吐出し管断面積 } 254.5\text{cm}^2 = 873.3\text{cm}$ 毎秒仕事率 $[\text{馬力}] = (\text{吐出し管断面積 } 254.5\text{cm}^2 \times \text{吐出し圧力 } 70\text{kg}/\text{cm}^2 \times \text{毎秒吐出し水柱高さ } 873.3\text{cm}) \div 7500\text{kg} \cdot \text{cm} = 2074.4\text{馬力}$ となる。

なお、この水馬力を3倍すれば約6220馬力、4倍すれば約8300馬力となり、先に述べた電化戦艦モンタナの発電能力と大和型のそれとの差である10300馬力からこれを引いた2000～4000馬力が他の補機駆動用総動力という計算が成立つのかも知れない。

79) 抽気ポンプ云々については生産技術協会『旧海軍技術資料 第1編』(2)、173頁、参照。

夫々適切に解決され、昭和 16 年戦備完成の上太平洋戦争に従事し、長期に亘り猛烈な活動をしたが軍用機関の名誉を棄損する様な故障も起らず立派に其の任務を果し得たのである⁸⁰⁾。

と総括している。

日本海軍において蒸気タービン駆動式回転補機技術確立の牽引車となったのは艦本第五部の北川 政技術少将および広工廠機関実験部であったが、甘利及び渋谷はこれに民間会社の助力という要素を加え、更に軍民間に合理的な生産システムが構築されていたという点を力説している。即ち：

補機の整備に関しては前述の如くこれが多量生産に適する如く出来る整一に計画されたことと、これが製造に関しては軍民の工場にそれぞれ担当品種を定め製造の専門化によって良品の廉価生産を図ったのである⁸¹⁾。

之等回転ポンプ類の研究改善は海軍自体が行なった事も無論多いのであるが、民間会社の貢献せる処が頗る大きいのであって、軸流ポンプに於ける日立・荏原・【 】ジャンネー油圧ポンプに於ける長崎三菱等は其代表的のものである。之等会社の努力及功績を認めるに吝であってはならぬ⁸²⁾。

渋谷が艦本式タービンにおける主機関の整一化について「民間造船所や機械製造所の技術者の興味を削減し、其等のブレーンを十分に活用し得ないから其の方面から不平が出る」弊害を抱えていたと指摘し、返す刀でこれら回転式作業機の開発史が大型・小型両艦本式タービンの開発・製造に係わる閉鎖の開発ストーリーとは対照的な成功事例であったとより踏み込んだ総括を行っている点については旧著にて紹介しておいた通りである⁸³⁾。

しかし、仮令、そうであったにせよ、2つの事実が指摘されねばならない。第1に、「艦本式小型タービン」やそれによって駆動された補機の原点は空母 龍驤への装備のために輸入されたラトー式ギヤード・タービン駆動ロータリーポンプにあり、それを換骨奪胎・俗流化したところに成立したのが艦本式回転補機であったというそのルーツに係わる経緯である。

第2に、イギリス、アメリカおよびドイツでは既然大戦前から補機電化や発電用原動機の内燃化が著しい進展を遂げていたということである。我国においても戦後の商船界においては海軍によって先鞭が付けられた交流電化が推進されている。機械的システムの方が“武人の蛮用”に適するという日本海軍の命題はこの国の技術体系における基本的欠陥を背景とすればこそ成立した、当然ながら後世への影響力という点においては抗い難い宿命的制約条件を背負う一つ

80) 同上書、173 頁。

81) 引用は同上書、174 頁より。なお 170、327 頁も参照せよ。

82) 同上書、327 頁。【 】内引用者。

83) 『舶用蒸気タービン百年の航跡』265 頁、参照。引用は『旧海軍技術資料 第1編』(2)、147 頁、より。同 138 頁にも軍艦主機関開発に対する民間技術者の興味を減退させたとの記述あり。

の部分的真理に過ぎなかった。この電気嫌いという点において日本陸軍も人後に落ちなかったのではあるが、やはり海軍における大和型戦艦の砲塔旋回装置ともなればやや異様な技術と形容されるに足るであろう⁸⁴⁾。

それに引き換え、タービン・ポンプを大和型のそのような背中合わせではなく直列に重ねて構成される多段式高压タービン・ポンプは、既に触れた通り、戦前期からボイラ用高压給水ポンプや鉱山用排水ポンプとして広範に実用されていた。戦後、ボイラの高压化、貫流化、超臨界圧化と共にヨリ多段化されたその仲間たちは事業発電用をはじめとする高压ボイラへの給水ポンプとして独占的地位を獲得している。“虎は死して皮を留め……”と相成ってはいないが、戦艦は滅んでも高压多段タービン・ポンプは生き残った。とりわけ、その超高压給水ポンプとしての王座が傾くような時代は少なくとも今暫く訪れはしないであろう。

では、同時代の駆動装置の中でも相当に回りくどい印象を放っていた静水力学的伝動装置もまた補機駆動タービンを追って廃滅して行ったのであろうか？ 答えはしかし、全面的に No. である。この動力伝達方式は工作機械、建設機械の油圧伝動装置としてその後も発展し、今日においても依然として現役であり、一部ではバイクや農業機械等にも使用されている⁸⁵⁾。

因みに、戦車絡みではかつて「未だ尚試験の域を脱してゐない」と評された Hydrostatic Transmission, 即ち静水力学的無段変速装置はこれを補い変速比の拡大を分担するギヤボックスを従えた Hydromechanical Transmission という形に転生し、ようやく 1981 年、アメリカ陸軍 M2 *Bradley* 歩兵戦闘車用に GE 社により実用化せしめられた。我国においても 2009 年に制式化された陸上自衛隊の最新型 MBT, 10 式戦車には Hydrostatic Transmission を 3 段ギヤボックスと組合せた HMT が採用されている⁸⁶⁾。

往時、主機蒸気条件高度化と補機性能向上との間に折合いを付け得る唯一にして一石二鳥的

84) イギリス海軍における補機電化の黎明については海軍省電気工学部門の長, William McClelland によって 1927 年 3 月 21 日, イギリス電気工学会でなされた The Application of Electricity in Warships なる報告 (*Journal of the Institution of Electrical Engineers*, Vol. 65 No. 369, Sept., 1927) が貴重な文献となっている。cf., Edgar C., Smith, *A Short History of Naval and Marine Engineering*. Cambridge, 1937, p. 232.

85) 富塚 清に拠る限り, バイクにおける採用の嚆矢は 1962 年のスクータ, ホンダ“ジュノオ” M85 にあり, 元々, イタリアで開発された“バダリーニ式”の導入例であった。富塚がその原型を「ヘルシオー・ギヤ」としている点はご愛嬌であるが, 「自動車に使用されたという面では世界にも全く類例のない」との形容がとんでもない間違いであることは読者諸賢にはとうに御了解頂いている事柄である。富塚 清『オートバイの歴史』山海堂, 1980 年, 102~103 頁, 参照。

86) HMT の概念については林 啓男『タンクテクノロジー』山海堂, 1992 年, 133~137 頁, 参照。

なお, 同『戦後日本の戦車開発史』かや書房, 2002 年, 240, 243 頁からは戦車用操向装置として固定容量油圧ポンプと可変容量油圧モータとを組合せた Hydrostatic Steering が今日, 一般的となっている状況が窺われる。それは機構こそ異なれ, 言わば大和型戦艦の砲塔旋回装置を矮小化したような油圧伝動システムに他ならない。

方途と映り、かつ、あれほどスマートな印象を放った小形蒸気タービンに依る independent drive 方式が電化の前にあえなく廃れ、多段タービン・ポンプは隆盛を極め、煩瑣で不器用と見做されかねぬ「静水力學的傳動装置」でさえこのエレクトロニクス万能の時代にしっかりと生き残り進化を遂げているという現実には技術史における選択淘汰メカニズムの複雑さを学び摂るための一教材ともなるであろう。

なお、本稿に顔を覗かせたアレン社やエレクトラ・タービンを含む反復流入型蒸気タービン、日本海軍洋上艦艇における水圧伝動システム、同じく石炭焚きボイラの焚火法については夫々、別稿にてより詳しく取上げられる。