

蒸気機関スタディガイド

上 巻

海上自衛隊幹部候補生学校

班	番号	氏 名

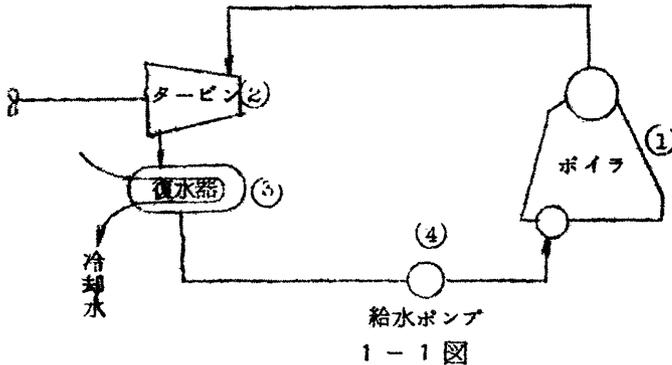
目 次

第1章 蒸気機関一般	1
第1節 蒸気サイクル	1
第2節 ボイラ	6
第3節 蒸気タービン	13
第4節 関連装置	26
第5節 ポンプ	38
第6節 軸系及び推進器	53
第7節 配管	65
第2章 ボイラ	80
第1節 主要構成部	83
第2節 燃焼装置	102

第1章 蒸気機関一般

第1節 蒸気サイクル

1 蒸気サイクルの構成

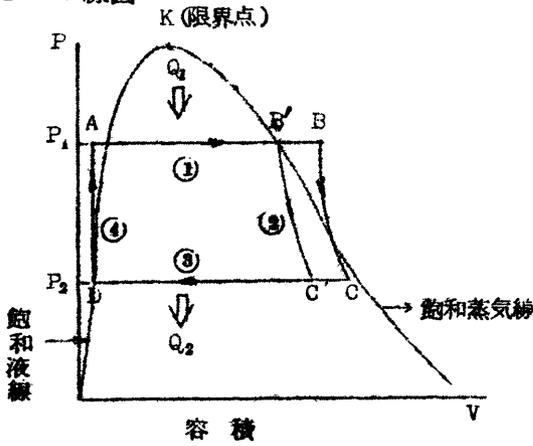


2 蒸気サイクル(ランキンサイクル)中の蒸気(水)の作動過程

過程 順序	過程 番号	過程種類	摘	要
①	A ~ B 又は A' ~ B'	等圧受熱	ボイラ内で圧力 $P_1$ の下に水を加熱して過熱蒸気(又は飽和蒸気)とする。 (受熱量 $Q_1$ )	
②	B ~ C 又は B' ~ C'	断熱膨張	その蒸気は蒸気原動機に入つて断熱状態で仕事をし圧力 $P_2$ に下る。	
③	C ~ D 又は C' ~ D'	等圧放熱	仕事を終つた蒸気は復水器に入りその圧力のまま冷却水に放熱し復水する。 (受熱量 $Q_2$ )	
④	D ~ A	断熱圧縮	復水は給水ポンプで圧力 $P_1$ まで上げてボイラに給水する。	

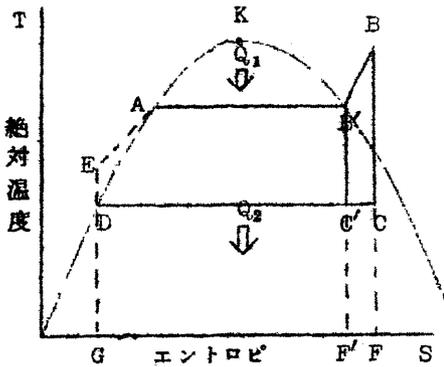
3 線 図

(1) P - V 線図



1 - 2 図

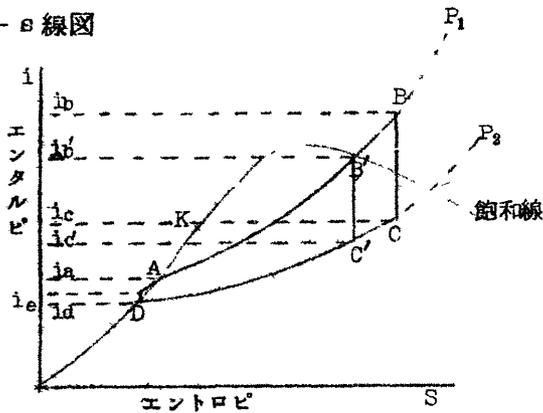
(2) T - S 線図



DE: 給水ポンプの仕事

1 - 3 図

(3) i - s 線図



1 - 4 図

4 蒸気サイクルの仕事及び効率

ボイラで供給された熱量  $Q_1 = i_b - i_e$

又は  $i_b' - i_e$

復水器に捨てる熱量  $Q_2 = i_e - i_a$

又は  $i_e' - i_a$

タービンの発生仕事  $\lambda = i_b - i_c$

又は  $i_b' - i_c'$

給水ポンプの消費仕事  $\delta = i_e - i_a$

正味仕事 =  $\lambda - \delta$

$$= Q_1 - Q_2 = (i_b - i_e) - (i_e - i_a)$$

$$\text{又は } (i_b' - i_e) - (i_e' - i_a)$$

$$= (i_b - i_c) - (i_e - i_a)$$

$$\text{又は } (i_b - i_c) - (i_e - i_a)$$

蒸気サイクルの効率を  $\eta_t$  とすると

$$\eta_t = \frac{\text{正味仕事}}{\text{加えられた熱量}} = \frac{i_b - i_c - \delta}{i_b - i_a - \delta}$$

$\delta \neq 0$  であるので

$$\eta_t = \frac{i_b - i_c}{i_b - i_a} \quad \text{又は} \quad \frac{i_b' - i_c'}{i_b' - i_a}$$

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 5 過熱蒸気と飽和蒸気を使用した場合の効率の比較

40%飽和蒸気と40% 450℃の過熱蒸気をそれぞれ復水器真空710 mmHg (約0.1% abs)まで断熱膨張させた場合の比較を試算すると  
( $\delta = 0$ とする)

飽和蒸気を使用した場合	過熱蒸気を使用した場合
$P_1 = 40\% \text{ abs}$	$P_1 = 40\% \text{ abs}$
$T_1 = 519.2^\circ\text{K} (249.2^\circ\text{C})$	$T_1 = 720^\circ\text{K} (450^\circ\text{C})$
$i_b = 668 \text{ kcal/kg}$	$i_b = 796 \text{ kcal/kg}$
$i_c' = 458 \text{ kcal/kg}$	$i_c = \frac{526}{576} \text{ kcal/kg}$
$i_a = 45.4 \text{ kcal/kg}$	$i_a = 45.4 \text{ kcal/kg}$
$\eta_c' = \frac{i_b - i_c'}{i_b - i_a}$ $= \frac{668 - 458}{668 - 45.4}$ $\div 0.337$	$\eta_c = \frac{i_b - i_c}{i_b - i_a}$ $= \frac{796 - 526}{796 - 45.4}$ $\div 0.360$

1 - 1 表

上表に見るように同一圧力の蒸気でも過熱蒸気を使用した方が飽和蒸気を使用するよりも効率を高めることができる。

### 蒸気条件の推移

旧海軍	陽炎	30%	350℃
	島風	40%	400℃
海上自衛隊	はるかぜ あまなみ むらさめ	30%	400℃
	あきづき あまつかぜ たかつき かとり	40%	450℃

- 2 表

## 6 終圧の変化による効率への影きよう

40% 450℃の蒸気を1% abs (大気圧力は1.033% abs) まで断熱膨張させる機関と0.1% abs まで膨張させる機関の効率を比較すると。

### (1) 終圧1.0% abs の場合

$$i_b = 796 \text{ kcal/kg}$$

$$i_c = 603 \text{ kcal/kg} \text{ —— } 1\% \text{ の蒸気のエンタルピ}$$

$$i_d = 99.1 \text{ kcal/kg} \text{ —— } 1\% \text{ における復水のエンタルピ}$$

$$\eta_t = \frac{i_b - i_c}{i_b - i_d} = \frac{796 - 603}{796 - 99.1} = 0.277$$

### (2) 終圧0.1% abs の場合

第1表から

$$\eta_t = 0.36$$

これからわかるように終圧を低くすれば、効率はいちじるしく増大する。

しかしながら、復水器真空をある程度以上高めようとすると、復水器及び低圧タービンの容積、重量が急激に増加することになるので艦艇のように限られた容積内に装備される復水器の容量では得られる復水器真空には限度がある。

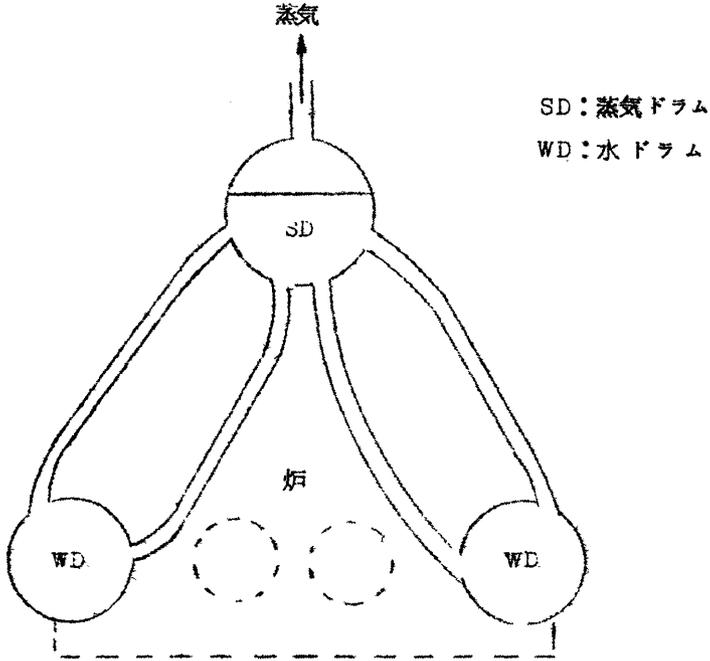
	復水器上部真空 mmHg	
	基準出力時	計画全力時
なみ級	725	680
あまつかぜ たかつき	720	650

1-3 表

## 第2節 ボイラ

### 1 船用水管ボイラの分類

#### (1) 3ドラム型ボイラ(△型又はA型ボイラ)



1-5 図

構成: 蒸気ドラム×1, 水ドラム×2

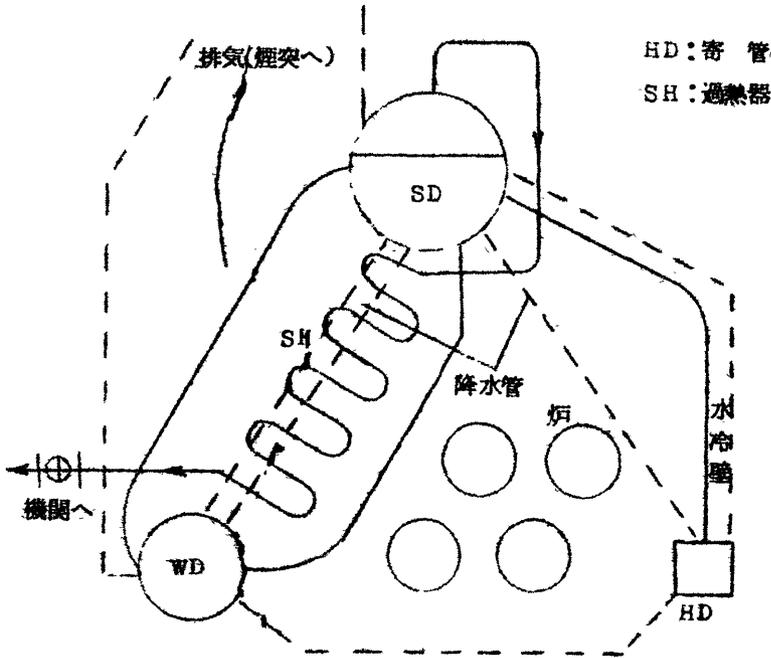
水管ボイラの基本的な型式である。

くす型護衛艦に装備されている。

(2) **2ドラム型 (D型ボイラ)**

蒸気ドラム 1個  
水ドラム 1個 } 計 ドラム 2個

国産艦の主ボイラは、すべてこの型である。

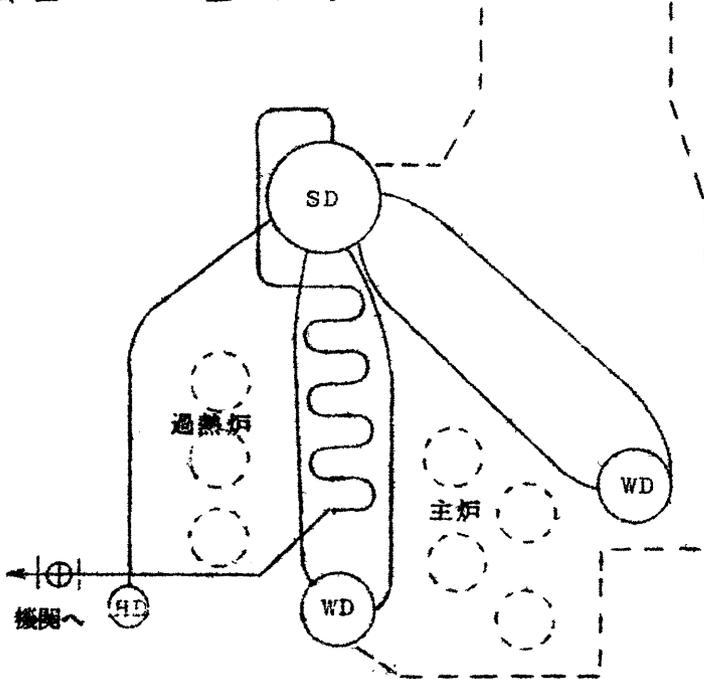


1-6 図

2ドラム型ボイラの利点 (3ドラム型との比較)

- ア 同一ボイラ幅に対し炉の内容積が大きくとれる。すなわち、同一ボイラ容量に対し床面積が小となる。
- イ 炉の後面に水壁管を配置し、また、側壁水管は天井部をも覆うので、伝熱面積が大となる。すなわち、
  - (ウ) ボイラ容積に対しボイラ容量が大
  - (エ) 水壁管により有効に熱を吸収できるので、ボイラ効率がよい。
  - (オ) レンガが水壁管により冷却されるのでレンガの損耗が少ない。
- ウ 降水管を低温部 (2重空気圏内) に配置しているので降水能力が大。すなわち、ボイラ水循環がよく高圧ボイラに適する。

(3) 双炉型ボイラ (M型ボイラ)



1-7 図

「あさかぜ」「ありあけ」型のほか用いられていない。

双炉型ボイラの特質 (D型ボイラとの比較)

- ア 主炉 (飽和炉ともいう) と過熱炉とそれぞれ独立した2つの炉をもっているので任意に過熱蒸気を管制しうる。
- イ ボイラ幅が大きく、構造及び取扱が複雑である。

2 補助ボイラ

ジーゼル主機を装備する艦艇にあつては、又タービン装備艦でも主ボイラを消火中 (停泊中) には暖房用、調理用、湯沸用等に必要な蒸気 (雑用蒸気という) 又は温湯を得るために小型の構造簡単なボイラが必要である。

クレイトンボイラ : 9.0 ~ 10.0 噸 (飽和蒸気) 1.3ton/hr

DD, DE, PCの補助ボイラとして使用される。

## 3 ボイラの諸性能

### (1) ボイラの容量の表示法

#### ア 毎時間の蒸発量（重量）

同一蒸発量でも得られる蒸気の圧力、温度によつて単位重量あたりの蒸気のエネルギ（エンタルピ）はことなるので蒸発量とともに過熱器出口における圧力及び温度を付記する必要がある。

例 「あやなみ」

蒸発量 計画全力：78,000 kg/h

過熱器出口蒸気圧力：30 ㊦

” 蒸気温度：400℃

「きくづき」

蒸発量 計画全力：120,000 kg/h

過熱器出口蒸気圧力：40 ㊦

” 蒸気温度：450℃

#### イ 伝熱面積（Heating Surface）

燃焼ガスに接する側の面積（ $m^2$ ）で表わす。

#### ウ KWまたはPS（馬力）

発電機又は原動機の出力をもつて表わす。

原動機の種類、型式により馬力当りの蒸気消費量がことなるのでボイラ自体の能力（容量）を表わすに適しない。

簡単な蒸気機関 15 ~ 18 kg/h/PS

精密な蒸気機関 6 ~ 7 kg/h/PS

高圧高温蒸気使用の  
10,000KW以上のタ

ーピン

## (2) ボイラの効率

### ア 燃焼効率

$$\begin{aligned} \text{燃焼効率} &= \frac{\text{燃焼して発生した熱量}}{\text{供給した燃料がもつていた発熱量}} \\ &= 0.90 \sim 0.95 \end{aligned}$$

供給燃料の発熱量 = 燃焼熱量 + 不完全燃焼による損失熱量

燃焼して発生した熱量 = 発生蒸気の熱量 + 排気ガスの熱量  
+ ボイラ外部への放熱熱量 + その他

### イ 伝熱効率

$$\begin{aligned} \text{伝熱効率} &= \frac{\text{発生蒸気がもつている熱量}}{\text{燃焼して発生した熱量}} \\ &= 0.8 \sim 0.9 \end{aligned}$$

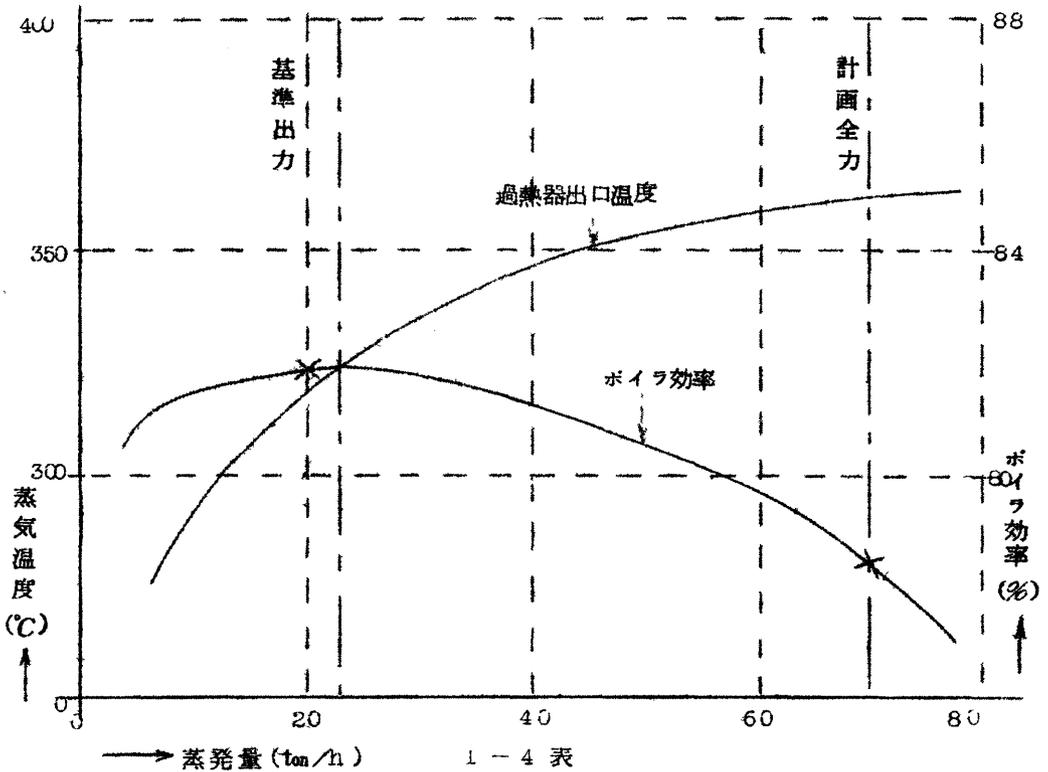
### ウ ボイラ効率

ボイラ効率 = 燃焼効率 × 伝熱効率

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{発生蒸気の熱量}}{\text{燃焼熱量}} \times \frac{\text{燃焼熱量}}{\text{供給燃料の熱量}} \\ &= \frac{\text{発生蒸気のもつている熱量}}{\text{供給燃料がもつていた熱量}} \\ &= 75\% \sim 86\% \end{aligned}$$

ボイラ効率は、同じボイラであつても、その負荷によつて変化する。  
護衛艦においては、基準出力付近でボイラ効率が最大となるように計  
画してある。

## 「おおなみ」の例



### (3) 燃焼度

ボイラの燃焼熱量に対する負荷の程度を示すもので、伝熱面積 ( $m^2$ ) あたりの毎時燃料消費量 ( $kg/h$ ) で表わし、ボイラとして計画された最大の燃焼度を限度燃焼度という。

$$\text{燃焼度 (kg/m}^2\text{-hr)} = \frac{\text{燃料消費量 (kg/hr)}}{\text{伝熱面積 (m}^2\text{)}}$$

例 「てるづき」において計画全力で  $7.2 \text{ kg/m}^2\text{-h}$   
 「きくづき」    "                    "     $7.69 \text{ "}$

## (4) ボイラ力量の限界

ボイラの発生力量の限界として考えられる要因

### ア 燃焼度の限界

要 因 \* 燃焼室負荷(炉の容積), 送風量, バーナ力量  
影きよう 黒煙, 炉内れんがの過熱, 振動燃焼, エキゾマイザ焼損

### イ 蒸気中に含まれる水分による限界

ある限度以上に蒸発量が増加すると蒸気中に含まれる水分が急激に増加する。———過熱器及びタービンに重大な影きようを与える。

### ウ 循環の限界

蒸発管中の蒸発が盛んになりある限度以上に達すると蒸発管への流入水量と蒸発量のバランスがくずれ循環がそ害され, 蒸発管を焼損させ最も危険である。

## 4 艦艇用ボイラの現状及びすう勢

### (1) 蒸気条件

海上自衛隊では1—2表のとおり初期の国産艦では30%, 400℃を使用した。現在では40%, 450℃が大勢をしめている。

参 考 米 海 軍	85k × 950℃ (1200 lb × 950°F)
	42k × 440℃ (600 lb × 825°F)
英 海 軍	38.7k × 440℃ (550 lb × 825°F)
日 本 商 船	40k × 450℃, 一部 60k × 480℃

### (2) 主機に対するボイラ装備数

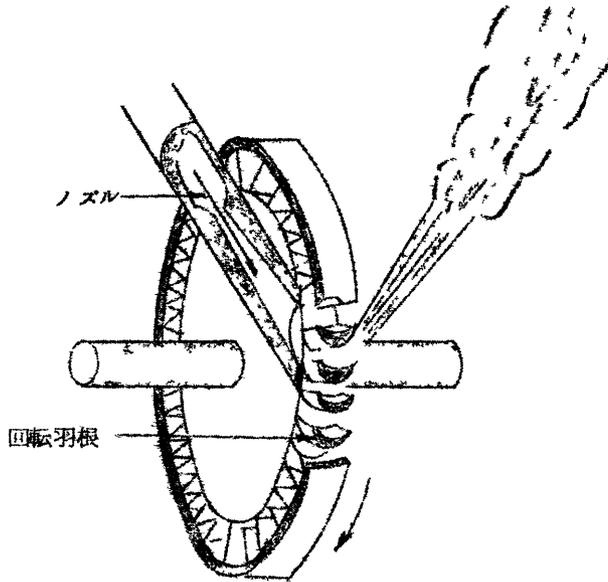
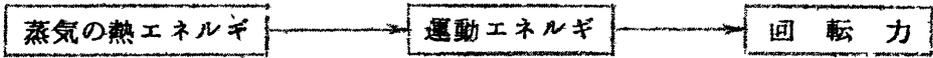
米 海 軍 1機に対し2ボイラをたてまえとしている。  
海上自衛隊 1機に対し1ボイラ

### (3) 自動化

- ア F W C (Feed Water Control)
- イ A C C (Automatic Combustion Control)
- ウ A B C (Automatic Boiler Control)

第3節・蒸気タービン

1 タービンの原理



1-8 図

蒸気の熱エネルギーと速度の関係

$l_1, l_2$  ノズルの入口及び出口の蒸気のエンタルピ ( $kcal/kg$ )

$w_1, w_2$  ノズルの入口及び出口における蒸気速度 ( $m/sec$ )

$g$  重力の加速度 ( $9.81 m/sec^2$ )

$J$  熱の仕事当量 ( $427 kcal-km/kcal$ )

とすると

運動エネルギーの一般式

$$KE = \frac{m v^2}{2g} \text{ から}$$

$$KE = J(i_1 - i_2) \text{ とおき, } m = 1 \quad = w_2 - w_1 \text{ とおくと}$$

$$J(i_1 - i_2) = \frac{w_2^2 - w_1^2}{2g}$$

$$2gJ(i_1 - i_2) = w_2^2 - w_1^2$$

$w_1$  はノズル入口の速度であるので  $= 0$  と考えると

$$w_2^2 = 2gJ(i_1 - i_2)$$

$$w_2 = \sqrt{2gJ(i_1 - i_2)} = \sqrt{2 \times 9.81 \times 427 \times (i_1 - i_2)}$$

$$w_2 = 91.5 \sqrt{i_1 - i_2} \quad \text{————— (1)}$$

## 2 蒸気的作用によるタービンの分類

### (1) 衝動タービン

ノズルから噴射された蒸気の衝動力を利用する。すなわち、蒸気はノズルを通過するとき圧力が落ち速度が増加し、回転羽根を通過するときは圧力は変らず速度のみ落ち、その際におこる気流の衝動作用によつて羽根車に回転力を伝える。

### (2) 反動タービン

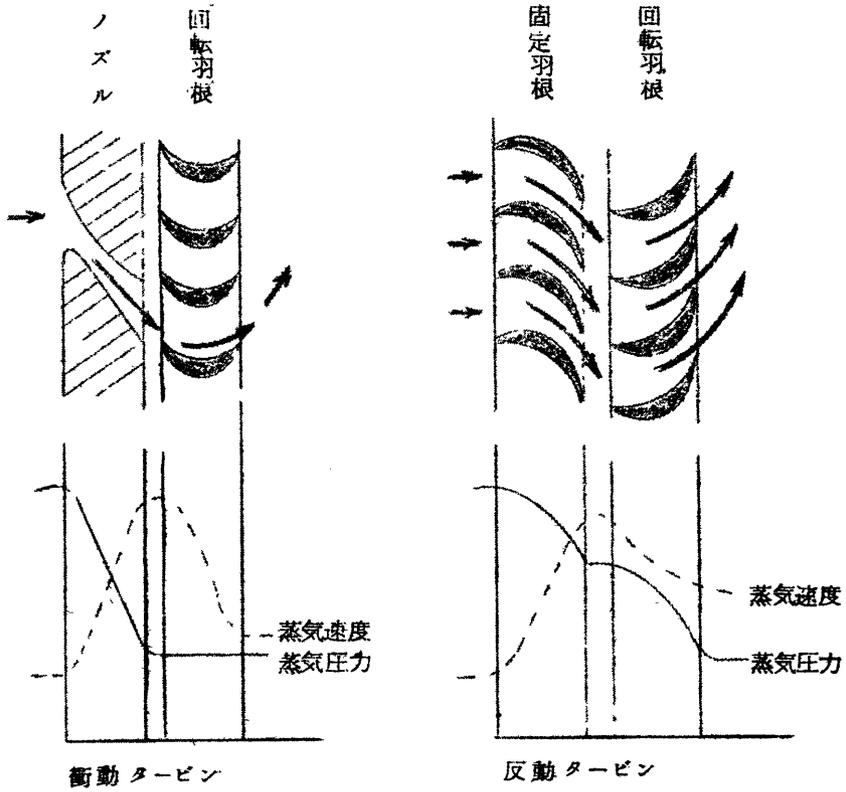
蒸気が回転羽根を通過する際にも膨張させて噴出させ、その際におこる反動力をも利用するものである。

すなわち、蒸気は固定羽根（反動タービンではノズルは用いず、代りに固定羽根を使用する）を通過する際のみ圧力が落ち流速を増すのみならず、回転羽根を通る間にも圧力が落ちて流速を増すもので

① 回転羽根に流入するときの衝動力

② 回転羽根を出るときの反動力

の2つの作用によつて羽根車に回転力を伝える。



1 - 9 図

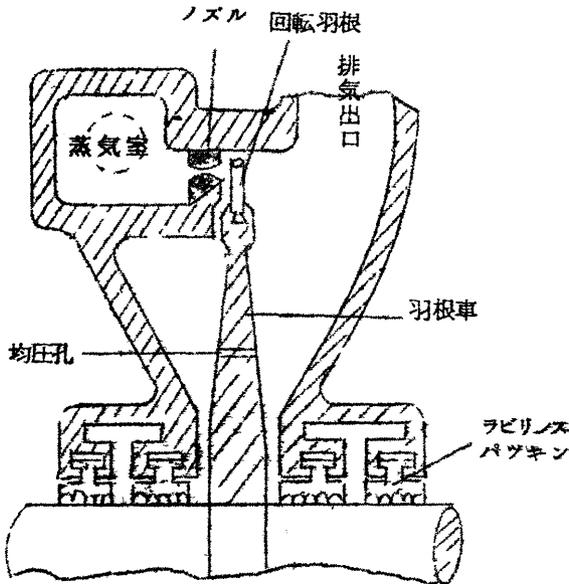
3 衝動タービンの分類

(1) 単式衝動タービン（デラハルタービン）

1個（1組）のノズルと1列の回転羽根より成る。

ノズルからの噴出蒸気の持つ運動エネルギーをノズルに隣接する1列だけの回転羽根で吸収しようとするものである。したがって、回転速度が非常に高くなり、効率はあまりよくない

小型の補機用タービンに用いられる。



1-10 図

(2) 速度複式衝動タービン（カーチスタービン）

構成 { 1個（1組）のノズル  
2列の回転羽根  
1列の固定羽根

ノズルから噴出する高速度の蒸気はこれに隣接する第1列目の回転羽根で速度エネルギーの一部を仕事にかえ、次にこれに続く固定羽根で流動方向をかえ（固定羽根中では圧力の降下なく、したがって速度はかわらない）第2列目の回転羽根に入り残りの速度エネルギーを仕事にかえる。

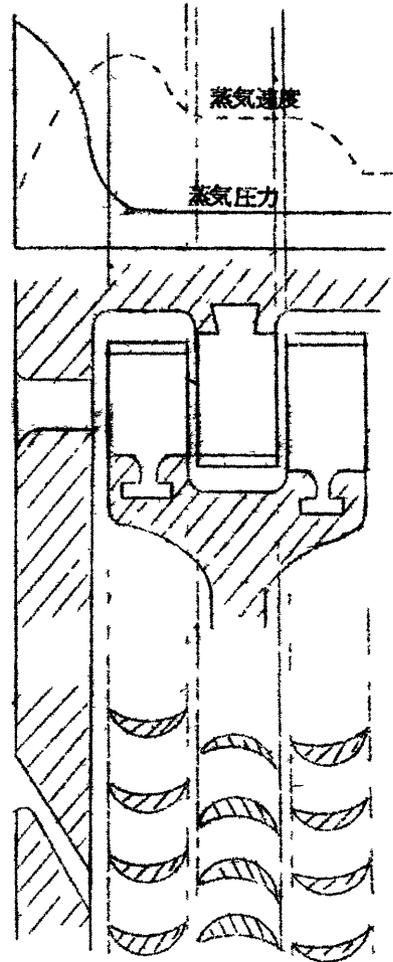
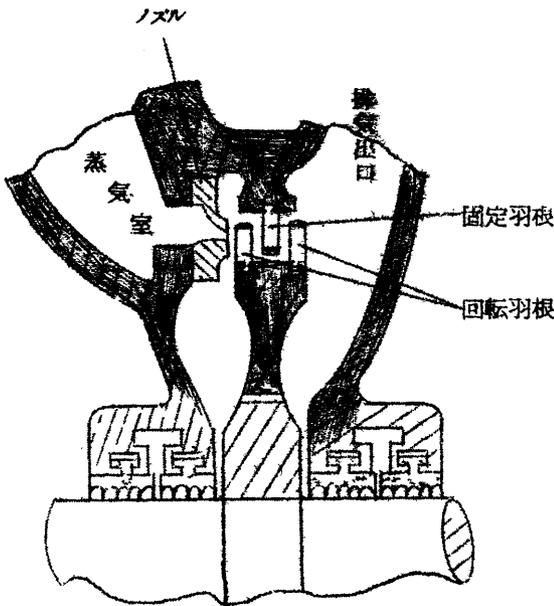
（回転羽根を3列、固定羽根を2列備え同様に速度エネルギーを3回にわけて消化するものもある）

# HP『海軍砲術学校』公開資料

この型式では速度エネルギーを2列(又はそれ以上)の羽根で分担して仕事に変換するので、噴出速度に対する羽根の周速度の比(速度比という)は単式衝動タービンに比し $\frac{1}{2}$ (又はそれ以下)とすることができる。

圧力落差の大きいところで効率が高い。

発電機用タービン、補機用タービン、巡航タービンの第1段落及び後進タービンに使用される。



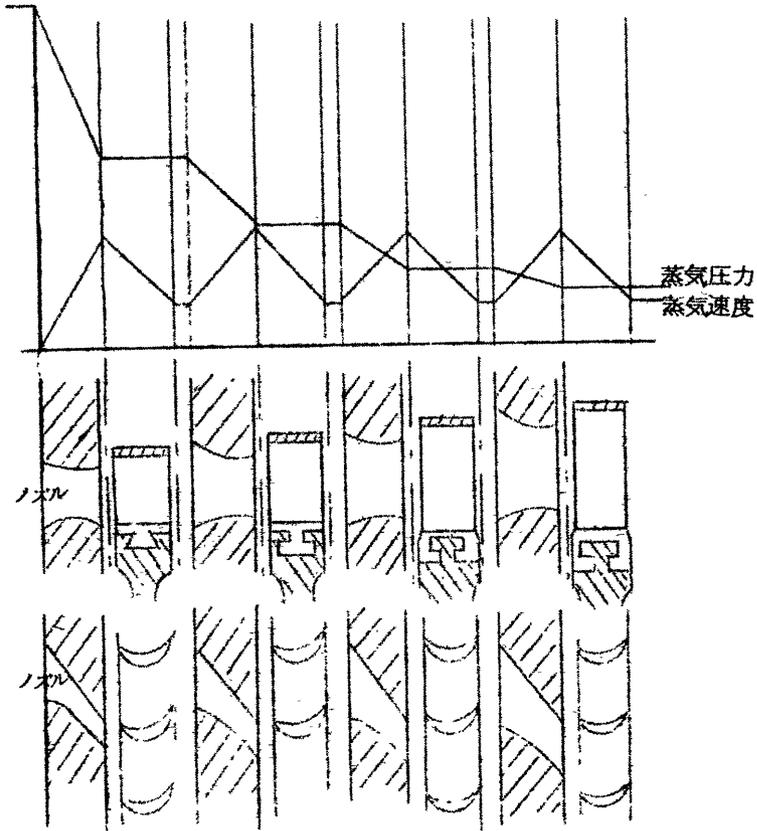
(3) 圧力複置 複動タービン (ラト-タービン, ノエ-タービン)

この型はノズル→回転羽根→ノズル→回転羽根→ノズル→回転羽根→の列におかれ、蒸気は各ノズル中で膨張し、これに隣接する回転羽根に回転力を与えた上、次段落のノズルに入り同様の作用を行なうもので、幾段ものノズルで少しずつ圧力を下降させ速度に変えることができるため蒸気速度を適当にすることができるから、タービンの回転数を実用上つこのよい値に保つて効率よく動力を発生することができる。

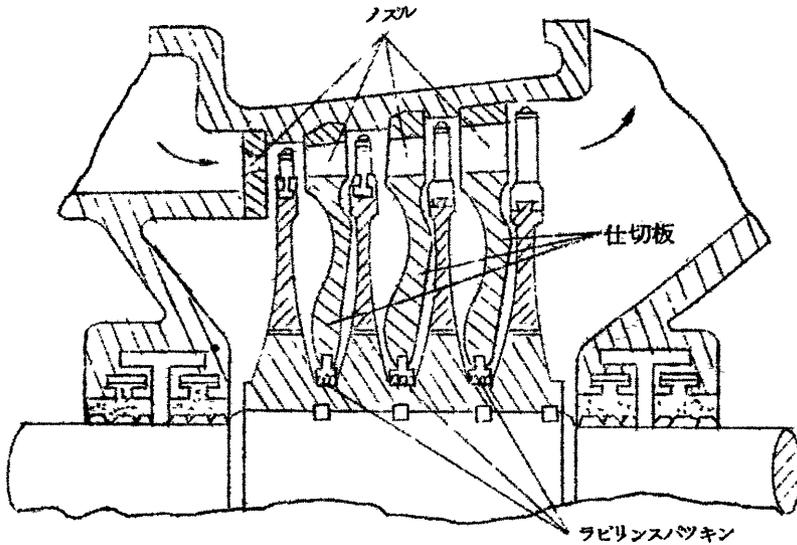
中容量、大容量のタービンに採用される。

例

あやなみ	巡航タービン	ラト-7段
	高圧タービン	ラト-9段
	低圧タービン	ラト-6段(複流)
うらなみ	低圧タービン	ラト-6段(複流)
しきなみ	低圧タービン	ラト-5段(複流)
むらさめ	巡航タービン	ラト-6段
	高圧タービン	ラト-8段
	低圧タービン	ラト-7段
あきづき	巡航タービン	ラト-5段
	高圧タービン	ラト-10段
	低圧タービン	ラト-7段(複流)
あまつかぜ、たかつき、きくづき	高圧タービン	ラト-9段



1-13 図



1-14 図

## 4 反動タービン

反動タービンは蒸気の流動方向によつて軸流反動タービンと輻流反動タービン（ユングストロームタービン）にわけられるが、艦艇用タービンではもつぱら軸流反動タービンが採用される。

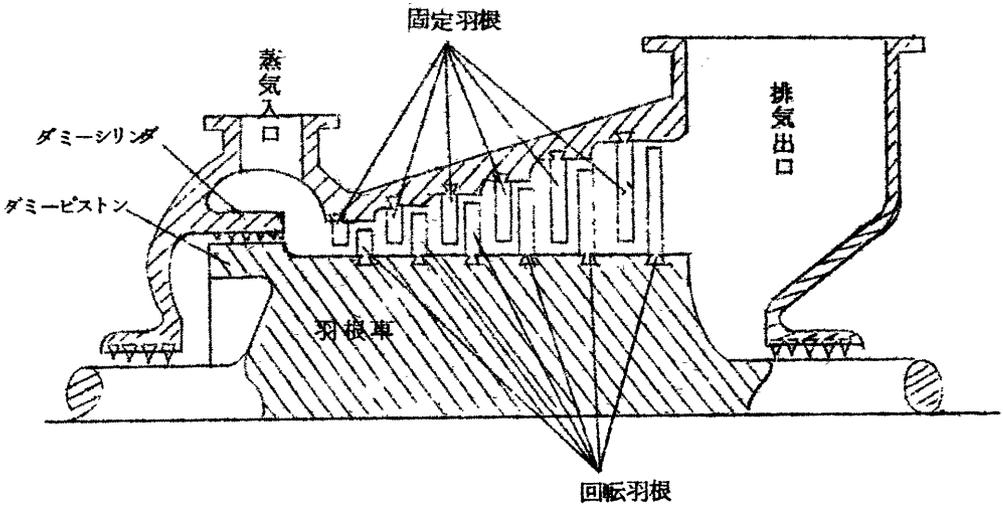
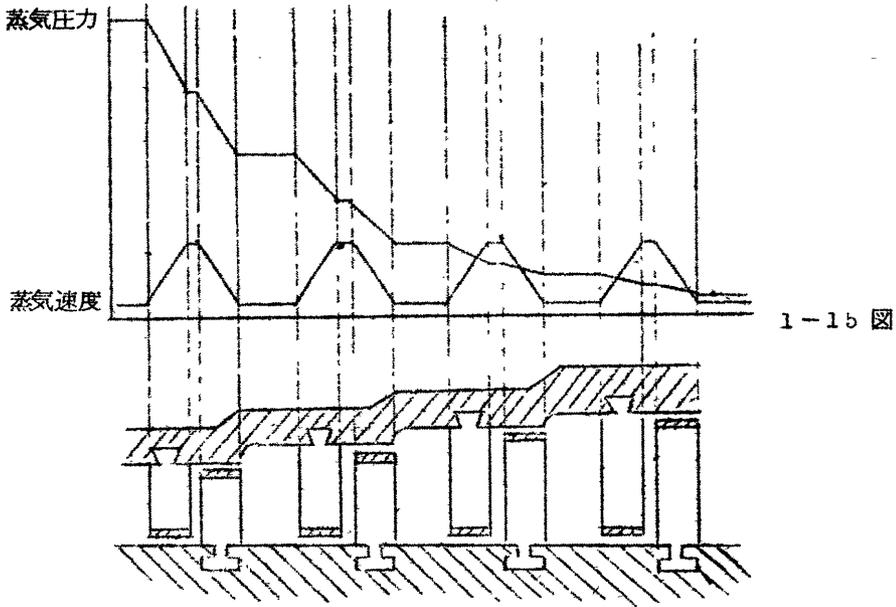
### (1) 軸流反動タービン（パーソンズタービン）

軸流反動タービンは、前に述べたとおりノズルはなく蒸気は固定羽根、回転羽根内の双方において膨張し、動力は蒸気の衝動力、反動力の両作用によつて生ずるものである。

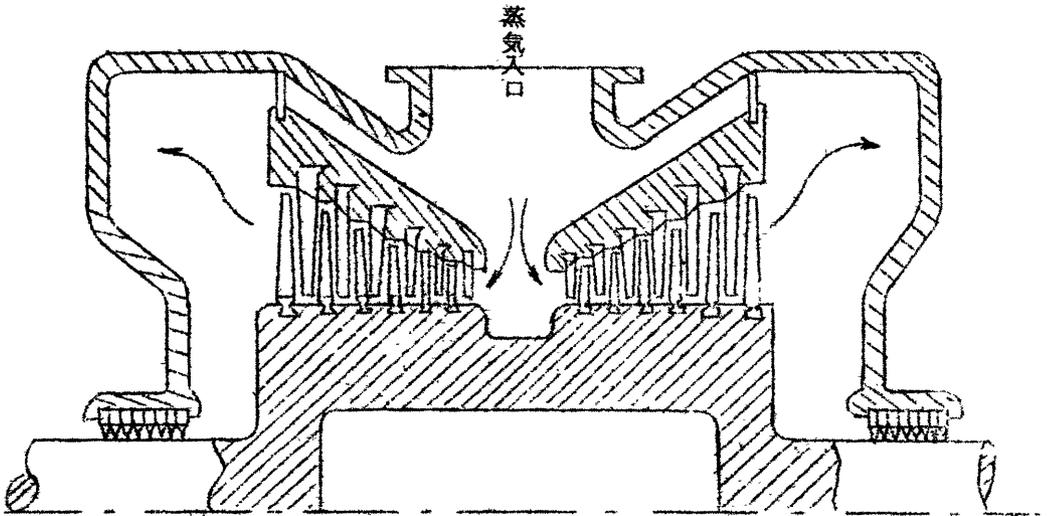
蒸気は固定羽根と回転羽根とを交互に通過中、間断なく圧力降下するが羽根内では圧力低下を大きくすることはできないので、衝動タービンに比較すると形が大きくなる。

衝動タービンでは蒸気が全周の羽根に充満して流れることは必ずしも必要でなく、高圧部のように蒸気の比体積が小さい部分では羽根の長さが極度に短くなる場合には部分流入によつて羽根の長さを適当にすることができるが、反動タービンでは蒸気は全周の羽根に充満している必要があるから蒸気の比体積が小さい高圧部では羽根の長さが極端に短くなり羽根先端のすきまを通つて流れる蒸気の割合が大きくなり、効率が悪くなる。したがつて反動タービンは、わずかの圧力差でも大きな熱落差が得られる低圧部において利用され、艦艇用タービンとしては低圧タービンに用いられるほか、カーチス段と直結させて高圧タービンに用いられることもある。

例	ゆきかぜ	低圧タービン	パーソンズ 15 段（単流）
	いそなみ	〃	パーソンズ 9 段（複流）
	てるづき	〃	パーソンズ 9 段（複流）
	たかつき	〃	パーソンズ 11 段（複流）
	きくづき	〃	パーソンズ 6 段（複流）



1-16 図



1-17 図

## 5 混式タービン

以上各種タービンを比較するとそれぞれ特徴がことなっているのではほとんどの大型タービンでは2～3種のタービンを組合せて結合し一つの車室に収め、それぞれの長所を活用できるようにしている。これを混式タービンという。

一般に高圧部では Curtis 段を設け、蒸気を一挙に大気圧付近まで膨張させたのち中、低圧部では Rateau, Zoelly 又は Parsons 段を使用する。

### (1) 衝動段を高圧部に使用することによる利益

カーチス段は大きな熱落差を処理することができるので、これを高圧部に使用してタービン軸を短く、また、タービンの形を小さくできる。さらにノズルにより給気するので、高圧高温蒸気にさらされるのはノズル室のみで車室はあまりその影響を受けない。ノズルによる部分給気により羽根の高さを適当にし、またノズル使用数を管制して部分負荷時の効率をよくすることもできる。なお、カーチス段は若干効率が低いので径の大きいラト一段を用いるものもある。

## (2) 反動段を低圧部に使用することによる利益

同一圧力の断熱降下により得られる熱量は、低圧部になるに従い大きくなる。(第5表参照) したがって、反動段を低圧部に用い圧力降下を徐々に行なえば、効率のよいタービン機関とすることができる。

40% 450℃の蒸気が断熱膨張した場合各圧力における熱落差は第5表のようになる。

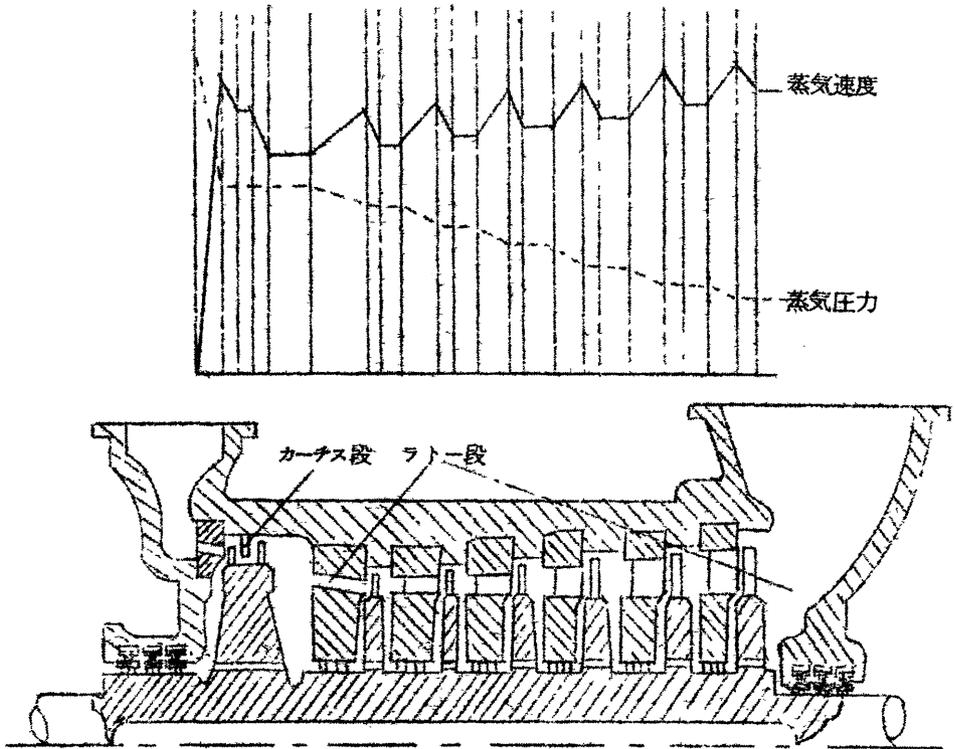
圧力 (温度)	40 k (450℃)	30 k (405℃)	20 k (345℃)	10 k (252℃)	5 k (175℃)	3 k (140℃)	2 k (120℃)
熱落差 (kcal/kg)		20.8	28.0	43.0	35.0	23.0	16.5

圧力 (温度)	2 k (120℃)	1 k (99℃)	0.5 k (81℃)	0.3 k (69℃)	0.2 k (60℃)	0.1 k (45℃)	0.05 k (33℃)
熱落差 (kcal/kg)		27.0	25.0	17.8	13.2	21.5	19.7

1 - 5 表

## (3) 混式タービン組合せの例

ゆきかぜ	高圧タービン	カーチス+パーソンズ11段
いそなみ	高圧タービン	カーチス+パーソンズ17段
うらなみ	巡航タービン	カーチス+ラト-7段
しきなみ		
したかなみ	高圧タービン	カーチス+ラト-9段
まきなみ		
あきづき		
あまつかぜ		
ゆうだち	巡航タービン	カーチス+ラト-4段
	高圧タービン	カーチス+ラト-9段
たかつき	巡航タービン	カーチス+ラト-6段
きくづき	高圧タービン	カーチス+ラト-9段



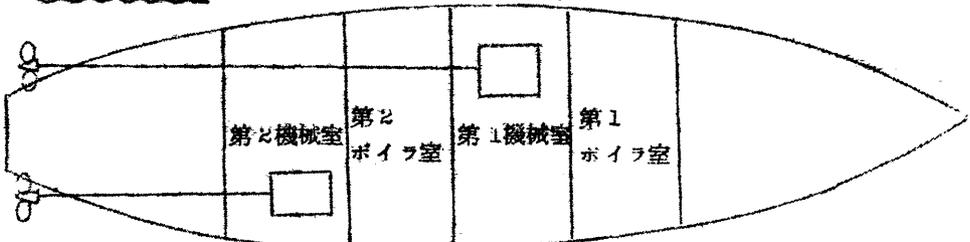
1-18 図 カーチス、ラトロー複式タービン

6 護衛艦装備のタービン機関の構成

(1) 機関室の配置

護衛艦は推進器を2基もっており、2つの推進器はそれぞれ独立した主機械で回転させられ、そのおのおのを右舷機、左舷機と称している。

各主機械はボイラ室に隣接したそれぞれ個有の機械室に装備され、一般に左舷機は前部側の機械室(第1機械室)に、右舷機は後部側の機械室(第2機械室)におかれている。(貨与艦ではその反対)



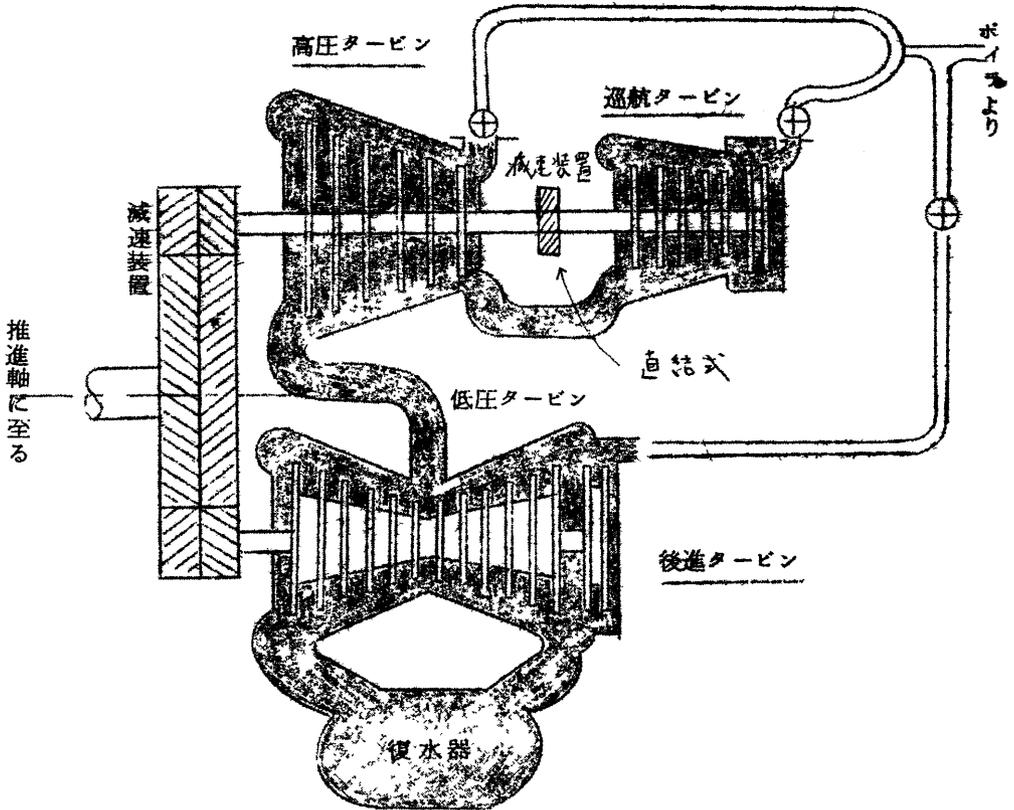
1-19 図 機関室配置

## (2) 主機構成

各主機はそれぞれ巡航タービン、高圧タービン、低圧タービン及び後進タービンより成る。

おおむね 20kt 以下では蒸気は巡航タービンを経て高圧タービン、低圧タービンに供給され、それ以上の速力では蒸気は巡航タービンには入らず直接高圧タービンを経て低圧タービンに送られる。

後進タービンは、低圧タービンの車軸に直結して、低圧タービンのケーシング内に収められ、前進中は低圧車軸の回転に伴つて空転しているが、後進時は蒸気はこれに供給され後進側に主機を回転させる。



1-20 図 主機構成

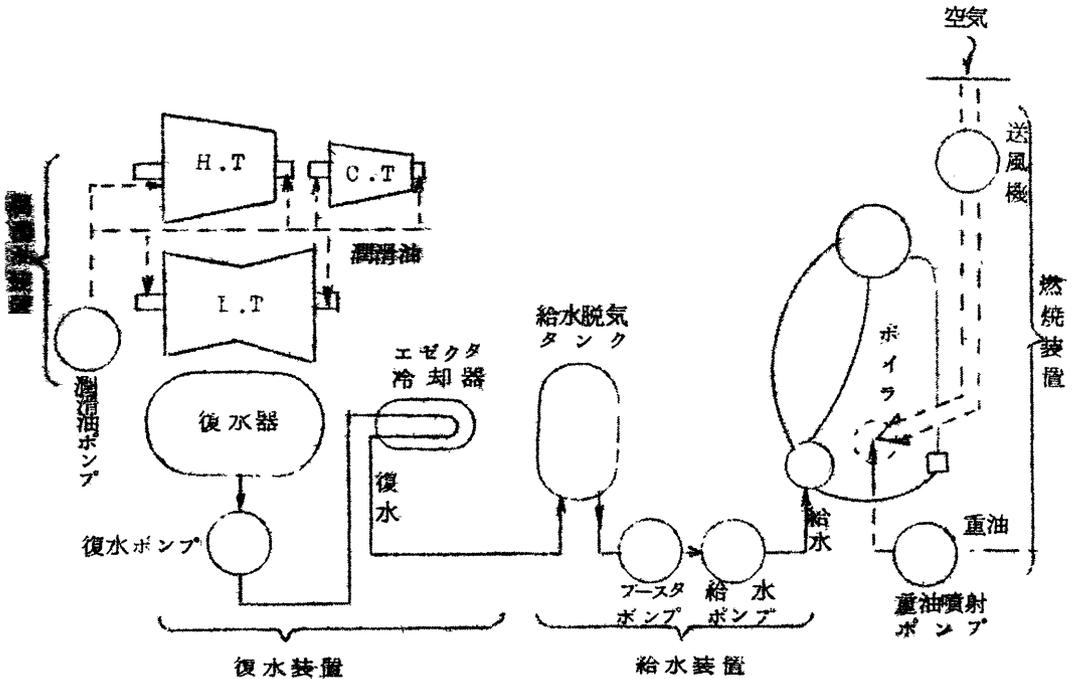
## 第4節 関 連 装 置

以上、ボイラとタービンの概要について述べたが、これだけでは蒸気サイクルは完成しない。蒸気サイクルを完成させるためには、タービンで使用した蒸気——これを排気という——を凝縮して再びボイラに給水として送り込む手段が必要である。

又ボイラ自体については、供給された水を加熱して高圧高温の蒸気として送り出すために燃料を燃焼させるための装置が必要である。

さらに主機については、各滑動部に潤滑油を供給するための装置が必要となる。

これらの装置を称して一般的に関連装置とか関連補機と言っている。



1-21 図

補機 { 独立補機 ..... 送水装置, 舵機, 冷凍機 etc.  
主機関連補機

## 1 復水装置

### (1) 復水装置の装備目的

㊦ 高度の真空を作つてタービンの背圧 (Back pressure) を減じ機関の出力を増加し、熱効率を高め蒸気消費量を節減する。

イ. 排気を復水してボイラの給水とすることにより真水の消費量を局限する。

### (2) 構成要素

ア 復水器

イ 循環ポンプ

ウ 復水ポンプ

エ 空気エゼクタ

オ エゼクタ冷却器

### (3) 復水器

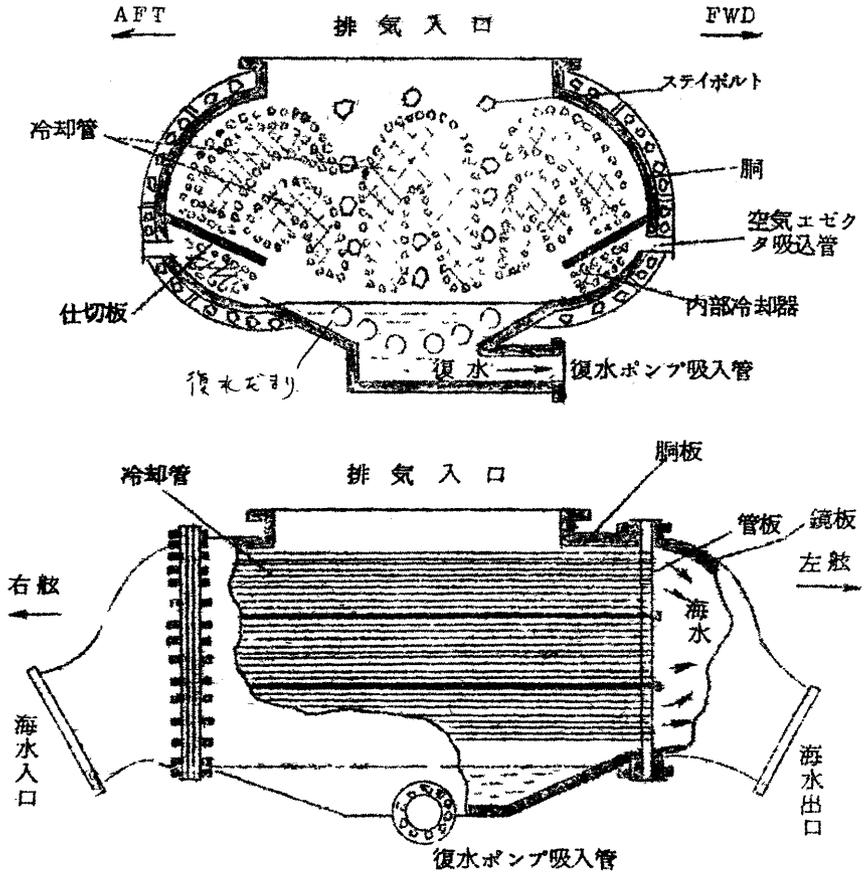
タービンで使用した蒸気を導入し海水によつて冷却凝縮させ復水を得ると同時に高度の真空を作るための密閉容器である。

#### ア 構造

Shell and tube 型であり無数の冷却管 (細管と言う) の内部を海水が通り、外側に接するタービン排気を冷却し復水させる。細管は両端を管板でささえられており、管板によつて海水部と真空部を区別されている。

真空部の下部の胴板に近いところに仕切板にかこまれた部分があり、これを内部冷却器と呼んでいる。

真空部の下方には凝縮した復水をためる「復水だまり」があり「復水だまり」は復水管によつて復水ポンプ吸入側に連絡している。



1-22 図

イ 原理

(ア) 蒸気を冷却すると水になるが、その際比体積は非常に小さくなる (1-6表参照)、これを密閉された容器内で行なうと体積が減じた部分は真空状態となる。

(イ) しかし、一般に復水器に入ってくる蒸気は空気、その他の非凝縮性のガスを含んでいることが多く、冷却するだけでは高度の真空を作り出すことはできない。

したがって、これら非凝縮性のガスだけを器外にとり去る手段が必要である。

復水器真空度降下の原因

P228

- (1) エゼクターの蒸気量不足
- (2) 冷却器内にドレンがたまった場合 ----- 起動時七上がったない
- (3) パッキン蒸気の不足

空気がタービン内に侵入 → 復水器の真空度降下

- (4) U字管の腐蝕等によるトラブル

又は U字管内に充水されていなく場合 (起動時)

- (5) 復水器内の水位が高過ぎる

- (6) 冷却海水取入口の閉鎖 } 冷却水量の不足
- 回転数の低下

航海中 (3), (5), (6) が多い

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## ウ 真空の表わし方

一般に水銀柱の高さ (mmHg) で表わし 標準大気圧 (1.033 % abs) を 0 とし完全真空を 760 mm とする。

別に、完全真空を 0 として圧力で示す (絶対圧力) 方法もあるが、水銀柱による真空の表わし方との換算式は次のとおりである。

$$\text{真空 (mmHg)} = \frac{1.033 - \text{絶対圧力}}{1.033} \times 760$$

$$P_{abs} = \frac{760 - \text{真空}}{760} \times 1.033$$

絶対圧力 (%)	真 空 (mmHg)	飽和温度 (°C)	比容積 m <sup>3</sup> /kg	
			水	飽和蒸気
0.01	752	6.7	0.001	131.6
0.05	722	32.6	"	28.7
0.10	707	45.5	"	14.9
0.20	613	59.7	"	7.79
0.30	539	68.7	"	5.32
0.40	464	75.4	"	4.07
0.50	389	80.8	"	3.30
1.00	22	99.1	"	1.73
1.03	0	100.0	"	1.67

設問和訂通第  
頁 1720 m

1 - 6 表

## エ 作 動

排気は復水器の上部から器内に導びかれ、一部は直ちに管渠のなかに入つて復水し、管渠と管渠の間の空間を流れ落ちるがこの際、未凝縮の排気によつて加熱されることにより過度に冷却されることを防いでいる。

復水器の下部付近ではほとんどの排気は復水となるが、排気中に混在していた空気は気体のまま遊離し、内部冷却器の中に導びかれここでさらに冷却され、空気は体積を減ずるとともに空気とともに内部冷却器の中に侵入した一部の蒸気は復水し空気から分離し、空気は別に設けられ

空気エゼクタで器外に引き出される。

復水は器底に設けられた復水だまりにたまり別に設けられた復水ポンプによつて連続的に引き出される。

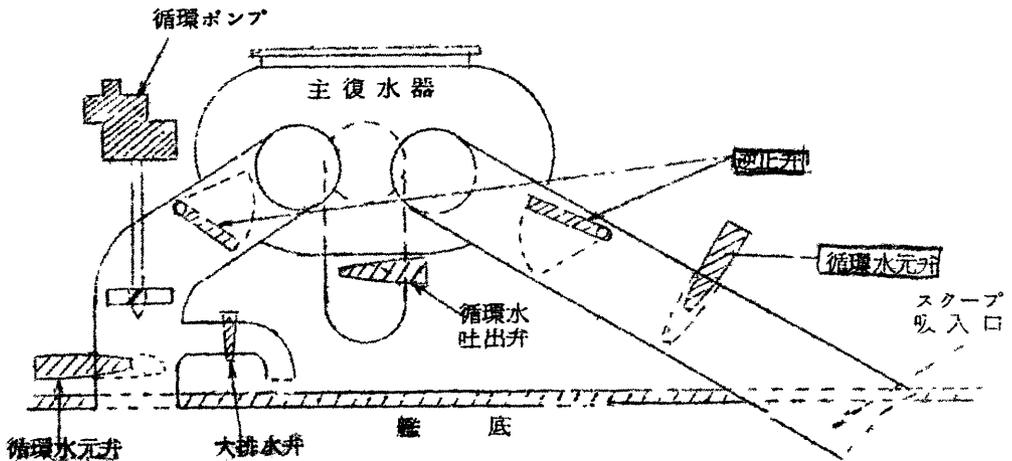
復水器の冷却用の海水は舷外から次のいずれかの方法によつて復水器に送り込まれ、復水器を冷却した海水は再び舷外に放出される。

## (ケ) 循環ポンプ

艦の停止時、後進時及び低速（おおむね12ノット以下）で前進中

## (イ) スクープインゼクション

艦がおおむね12ノット以上の速力で前進中は艦の速力を利用して動力によることなく舷外の海水を取り入れ復水器に送り込む。



1-23 図

## (4) 循環ポンプ及びスクープ

復水器の冷却用海水を送り出すポンプである。

前項で述べたように艦の停止時、後進時及び低速で前進中に限り運転される。

排気を冷却し復水させるためには非常に大量の海水が必要であり、循環ポンプにはタービンで駆動される低揚程大容量のうず巻ポンプ又はプロペラポンプが使用される。

又、循環ポンプは機械室に浸水が生じたような場合、これを排水することも可能なように吸入管を配管してありこれに通ずる弁を大排水弁とする。なお、大排水弁は常時は確実に閉鎖しておかなくてはならない。

前項で述べたとおり、艦がおおむね1ノット以上で前進中は循環ポンプを停止して、スクープからの自然流入海水により復水器を冷却する。

## (5) **復水ポンプ**

復水器でできた復水を汲み出し給水系統に送り込むためのポンプである。復水ポンプにはうず巻ポンプが用いられるが、1基の主機に対して2台のポンプが装備され、原動機は2台ともターボの艦もあるが、最近では1台は電動機、1台はターボを用いている。

{ 電動復水ポンプ → 巡航用  
{ ターボ復水ポンプ → 主用

例 きくづき

巡航復水ポンプ(電動) 容量 70M<sup>3</sup>/H, 1,750 r.p.m

主復水ポンプ(ターボ) 容量 110M<sup>3</sup>/H, 1,500 r.p.m

## (6) **空気エゼクタ及びエゼクタ冷却器**

復水器の中で遊離した空気その他のガスを抽出し、真空を高めるための装置である

空気エゼクタは蒸気によつて駆動され復水器内の空気を吸引する一種のポンプである。

エゼクタ冷却器はシエルアンドチューブ型である。

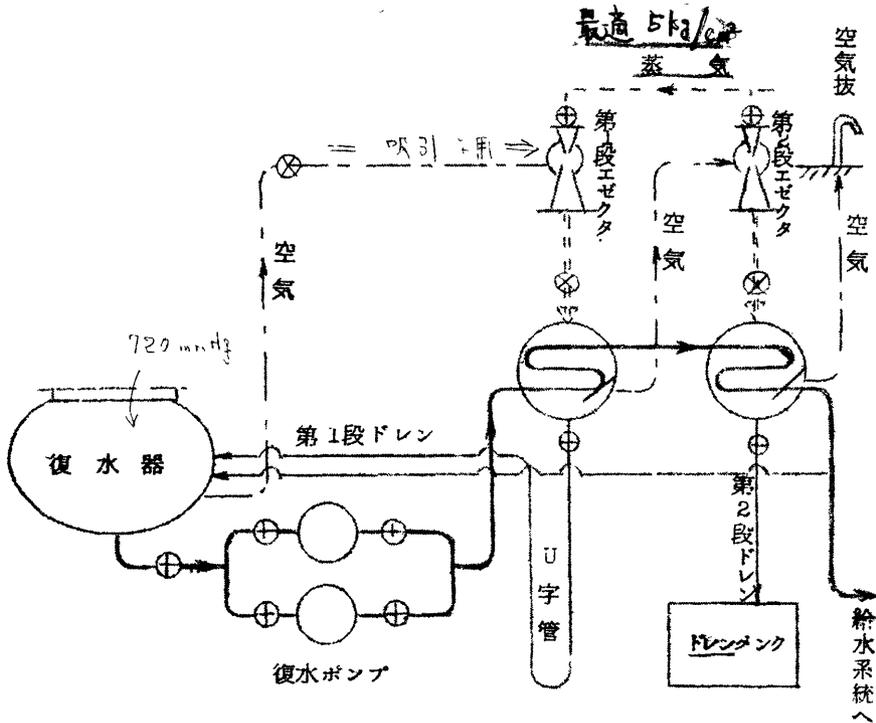
エゼクタ装置は2段に装備される。

第1段エゼクタは復水器内から空気を吸引し、これから放出される蒸気と空気の混合気体は第1段エゼクタ冷却器に導びかれ、ここで復水ポンプから送られてくる復水によつて冷却され、蒸気は凝縮しドレンとなりU字管を経て復水器に戻る。

空気はここで遊離し第2段のエゼクタで抽出されるので、第1段のエゼクタ冷却器内は第2段のエゼクタによつて真空状態に保たれる。(復水器内の真空よりも低い)

第2段エゼクタから放出される混合気体は第2段のエゼクタ冷却器に入り第1段のエゼクタ冷却器と同様に復水によつて冷却される。ここで凝縮

したドレンはドレンタンク又は予備水タンクに落下する。又ここで遊離した空気は大気に放出される。したがって第2段のエゼクタ冷却器内は大気圧がそれよりもわずかに高い圧力である。



1-24 図

## 2 給水装置

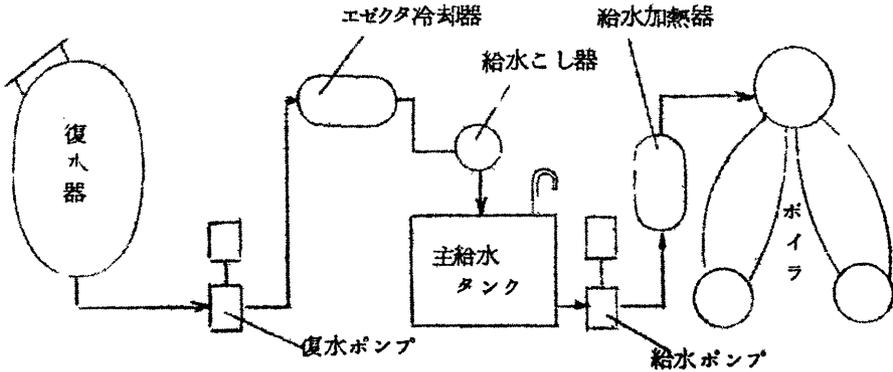
### (1) 機能

復水装置から送られてくる復水をボイラに給水するための装置であり、次の作用を行なう。

- ・ 給水を加圧しボイラに送り込む。
- ・ 給水を補充する。
- ・ 給水を加熱する。
- ・ 給水中の不純物を除去する。

(2) 給水装置の型式及び主要構成

ア 開放給水装置 今はなし

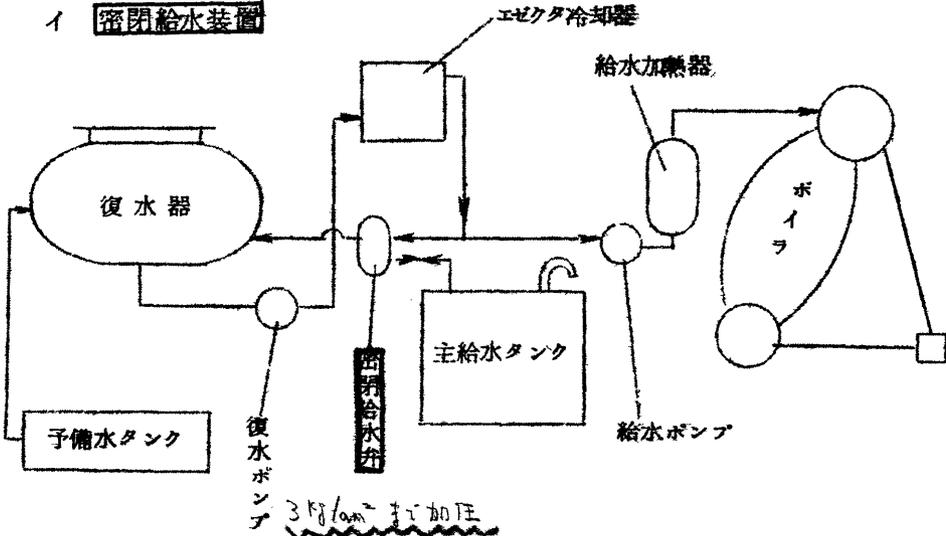


1-25 図

給水は給水タンク中で大気にさらされるので溶存酸素が多く高压高温ボイラに適しない。

くす型のように比較的圧力の低いボイラの給水装置として使用される。

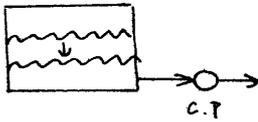
イ 密閉給水装置



1-26 図

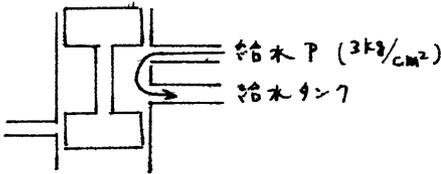
復水器の水準管制

- 密閉給水装置 → 自動水準装置 (コントラ・フロー弁)
- 圧力密閉装置 → 復水器ポンプの キャピテーション・コントロール

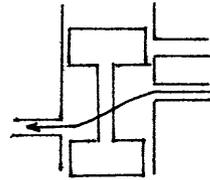


水面低下 → ポンプ キャピテーションを全ずる  
→ 吐出最小 → 復水器の水位が上がる

密閉給水弁



水位が高い場合



水位が低い場合

通常の状態では復水ポンプの吐出側は給水ポンプの吸入側に直結し、給水は大気に露出することなくボイラに送られる。

復水量がボイラに対する所要給水量を上まわるときは、余分の復水は密閉給水弁により主給水タンクにたくわえられる。

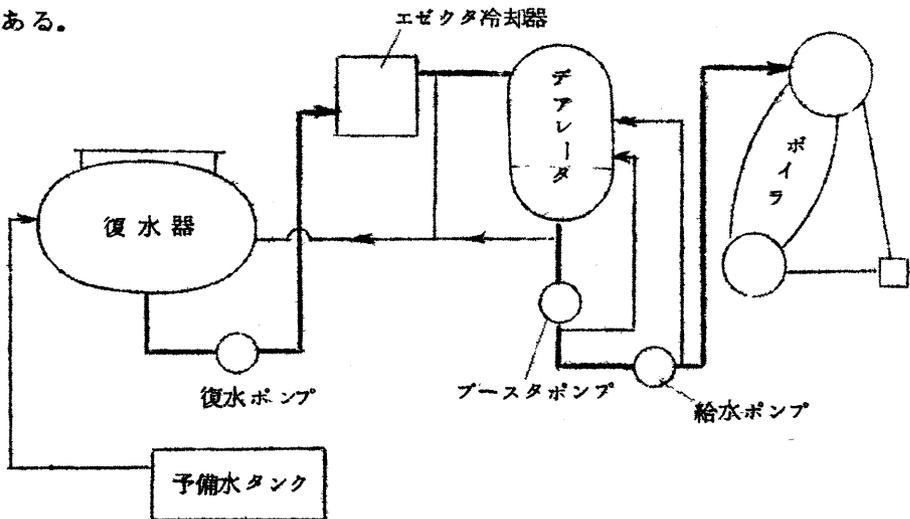
給水量が復水量を上まわるときは、主給水タンク内の給水は密閉給水弁により復水器を経て給水ポンプに送られる。

主給水タンク内の給水は大気に接触しているが、これが給水系統に送り込まれるときは復水器を経由するので給水中の容存酸素は復水器内で一部脱気される。

本給水装置は、はるかぜ型、あやなみ型に装備されている。

## ウ **圧力密閉給水装置**

前項の密閉給水装置における給水の脱気作用をさらに強化したものである。



1-27 図

復水はすべてデアレータを経由し、ここで加熱された上脱気されて給水系統に送り込まれる。

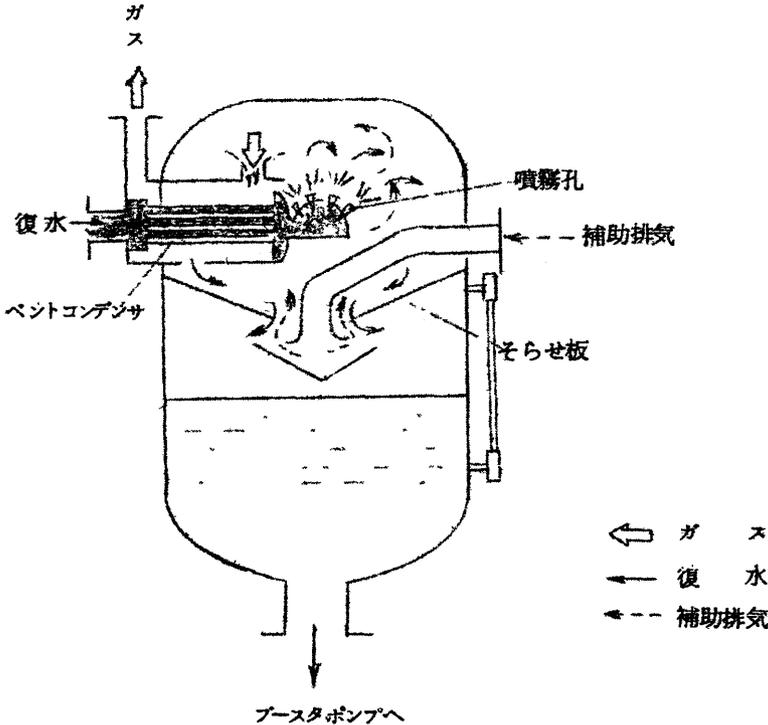
復水器の水位は復水ポンプのサブマーゼンスコントロールによつて制御され、ほぼ一定に保たれる。

(3) 構成要素並びに機能（圧力密閉式）

ア **デアレータ**

デアレータは次の作用を行なう。

- ・ 給水加熱（給水加熱器の機能）
- ・ 給水内の酸素の除去（脱気作用）
- ・ 給水の貯蔵（給水タンクの機能）



1-28 図

復水はベントコンデンサと呼ばれる熱交換器で、補助排気によつて加熱されたのち噴霧孔から霧化されて器内に送られる。

復水中に含まれる空気その他の溶解ガスは、この際に一部分離するがさらに復水は器内を霧状で落下するとき補助排気と混和し温度を高めながら溶解ガスの放出を継続する。

復水はそらせ板に集められるがここでも補助排気入口からの噴出蒸気により再び微細化され、溶解ガスを放出する。

以上の作用により加熱及び脱気された復水は、器底に落下し給水としてたくわえられる。

補助排気は別の入口から器内に導びかれ噴射されるが、このとき周囲に落下する復水を吹き散らし微細化するとともに一部は凝縮し復水となる。残りは復水から分離したガスとともに復水の落下に逆行して上昇しつつ復水に熱をうばわれ凝縮をつづける。

器内の上方に行くに従つて排気中に分離ガスのしめる割合は多くなり上部にたまった排気とガスの混合体はベントコンデンサに導びかれ復水を加熱しつつガス中の排気はすべて凝縮し再び器内に落下する。

分離したガスは器外に放出される。

## イ ブースタポンプ

デアレータ内の給水を引き出し給水ポンプに送り込むためのポンプである。

デアレータ内の給水はほぼ飽和温度に達しているのでポンプの吸入管内でベーパーロックをおこさせないようにするため、ポンプはデアレータの約2/3の下方に装備される。

一般に一連の給水系統に対し2基のブースタポンプが装備される。

### 例 「きくづき」

主ブースタポンプ	ターボ、うず巻	110m <sup>3</sup> /h	1 750 r.p.m
巡航ブースタポンプ	電動、うず巻	70m <sup>3</sup> /h	1,750 r.p.m

## ウ 給水ポンプ

ボイラに給水を圧入するためのポンプである。

ボイラの圧力に抗して給水を送り込まなければならないので非常に高い吐出圧力が要求される。

- 連の給水系統に対して次のように構成される。

主給水ポンプ	2基
補助給水ポンプ	1基

# HP『海軍砲術学校』公開資料

## 主給水ポンプ

ターボ原動機により駆動されるうず巻ポンプ

通常1基宛使用され、高出力時は2基を併用し並列運転とする。

## 補助給水ポンプ

応急用及びボイラが休止状態から使用状態に移行する段階又は使用状態から休止状態に移行する段階で使用される。

型式、堅型蒸気往復動ポンプ

## 例 「きくづき」

### 主給水ポンプ

型 式	ターボ うず巻
容 量	75 $m^3$ /h (過負荷 100 $m^3$ /h)
吐出圧力	58 $\frac{kg}{cm^2}$
回 転 数	8,000 r.p.m (過負荷 8,500 r.p.m)

## 第 5 節 ポンプ

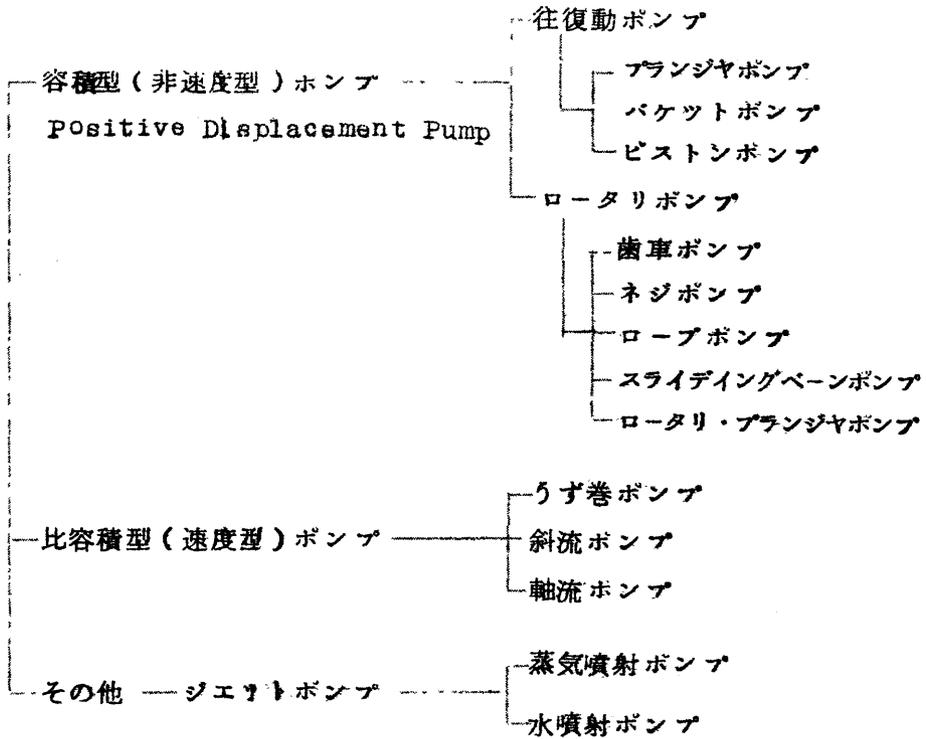
前 4 項で述べたように関連装置には多種多様のポンプが用いられている。関連装置に用いられているポンプの型式を整理して見ると大略次のとおりである。

復水装置	{ 循環ポンプ・… 復水ポンプ 空気エゼクタ・	軸流ポンプ
		うず巻ポンプ
		エゼクタ
潤滑油装置、	潤滑油ポンプ・	ねじポンプ又は歯車ポンプ
給水装置	{ プースタポンプ 主給水ポンプ 補助給水ポンプ・	うず巻ポンプ
		〃
		往復ポンプ
燃焼装置	{ 重油噴射ポンプ 送風機	ねじポンプ
		軸流式又は速心送風機

その他関連装置以外にも消火海水ポンプ(うず巻)、真水ポンプ(うず巻)重油移動ポンプ(歯車又は往復)、ビルジエダクタ等 艦内には多数のポンプが装備されている。

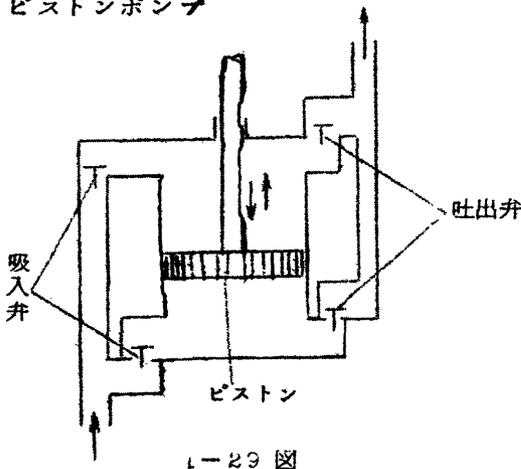
以下に各種ポンプの概要について述べる。

## 1 ポンプの分類



## 2 往復ポンプ

### (1) ピストンポンプ



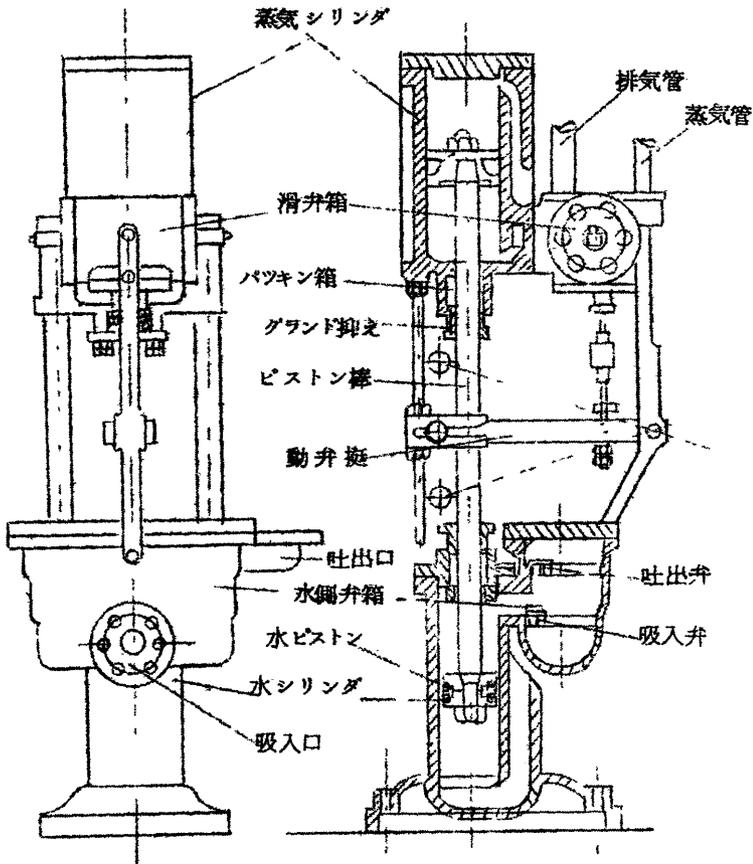
## ア ポンプ部の作動

ピストンは原動機によつて上下に往復動する。

ピストンの往復運動によつて液体は吸入弁を経てピストンの上下に交互に吸入され、吐出弁から圧送される。

## イ ポンプの駆動方法

海上自衛隊においては往復ポンプは蒸気直動式であり、一般にウェアースポンプと呼ばれる特徴ある作動をするポンプが採用される。



1-30 図 蒸気直動往復ポンプの一例

## ウ 往復ポンプの特長及び用途

- (ア) 精密部分が少なく安価であり取扱簡単
- (イ) 吸上げ性能がきわめて良好で呼水を必要としない
- (ウ) 小容量高圧用に適する。
- (エ) 苛酷な運転条件の下でも使用に耐え、冷体起動が可能である。

上記のような特長があるので、艦艇用としては補助用又は危急用のポンプとして用いられる。

補助給水ポンプ

ビルジポンプ（貸与艦）

残油ポンプ

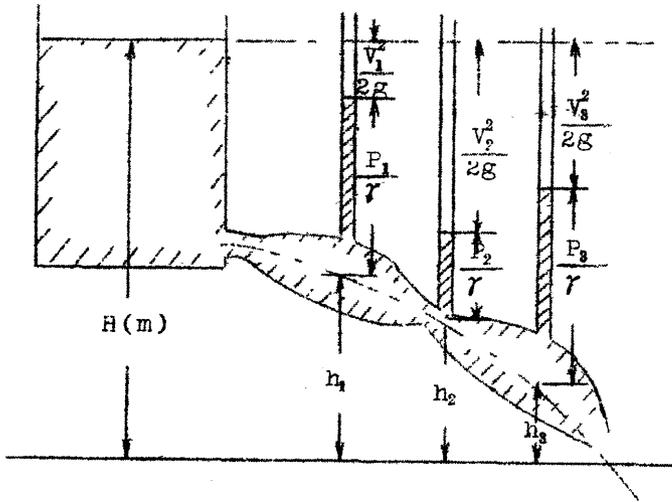
しかし、往復ポンプは、吐出圧力に脈動があり又、蒸気部で潤滑油を使用するので復水中に油分が混入するなどの欠点があるので 高圧高温の蒸気を使用する機関の関連補機として主用するには適しない。

## 2 **うず巻ポンプ**

### (1) 原理の概要

ポンプの羽根車を高速で回転させることにより、周囲の液体に運動エネルギー（遠心力）を伝播し、さらに液体が得た運動エネルギーを水頭のエネルギーに転換させるものであり、前述の往復ポンプや後述の歯車ポンプ等を容積型ポンプと言うのに対し、これを速度型ポンプとも言う。

・ ベルヌイの定理



1-31 図

上図において

$H$  : 水面の高さ (m)

$h_1, h_2, h_3$  : 水路中心の高さ (m)

$P_1, P_2, P_3$  : 水頭に基づく圧力 ( $kg/m^2$ )

$\gamma$  : 水の単位体積重量 ( $kg/m^3$ )

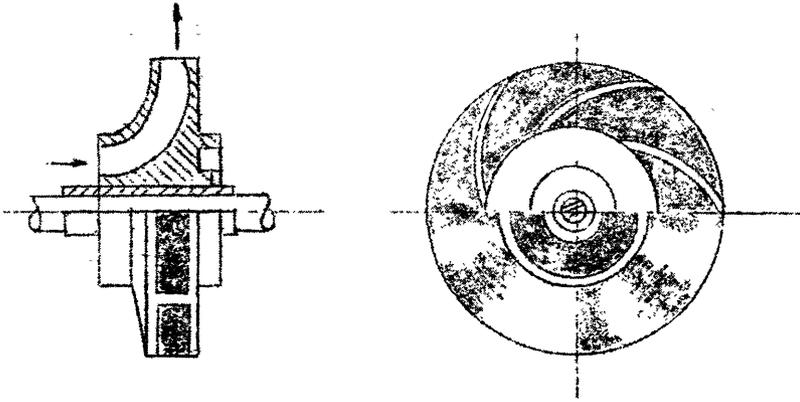
$V_1, V_2, V_3$  : 水の流速 (m/sec)

とすると

$$H = h_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = h_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} = h_3 + \frac{P_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2g}$$

(2) うず巻ポンプの構造

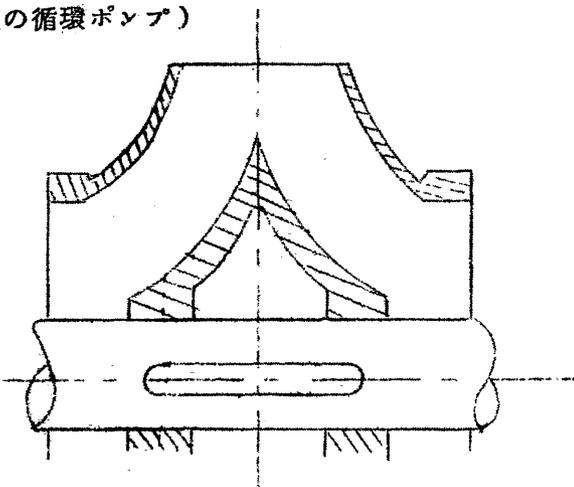
ア 羽根車



1-32 図

羽根車は原動機（補機用タービン又はモータ）によつて回転され、周囲の液体に遠心力を与える。

一般には1-31図のように羽根車の一方の側面からのみ液体を吸入する、いわゆる「片吸込」であるが、大量の液体を吐出するポンプでは、1-32図のような「両吸込」型の羽根車が用いられることがある。（くす型の循環ポンプ）



1-33 図

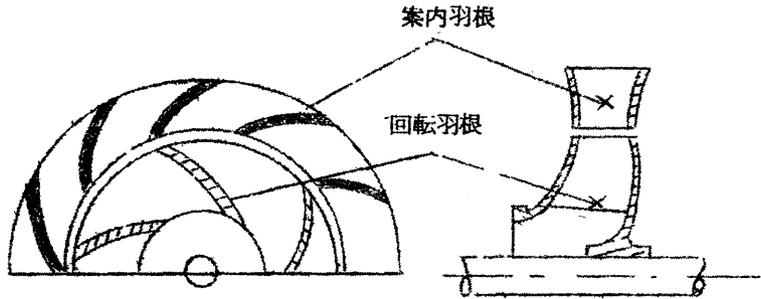
## イ 案内羽根

回転羽根から流出する液体は大きな速度エネルギーを持っているので、これを整流しつつ有効に圧力のエネルギーに転換する作用をするもので、ポンプによつて案内羽根のあるものと、ないものがある。

案内羽根を有するうず巻ポンプをタービンポンプ

案内羽根のないうず巻ポンプをポリユートポンプ (Volute Pump) と称している。

注：米国では案内羽根のあるものを Diffuser Pump と称し Turbine Pump と言えば別の型式のポンプを指す。



1-34 図

## ウ ポンプケーシング

羽根車及び案内羽根を内蔵するケーシングであり、羽根車又は案内羽根から流出する液体の流れをととのえながら圧力のエネルギーに変え、吐出管に送り出すため断面はうず形をしている。

又、ポンプ軸の貫通部は漏止装置がほどこしてある。

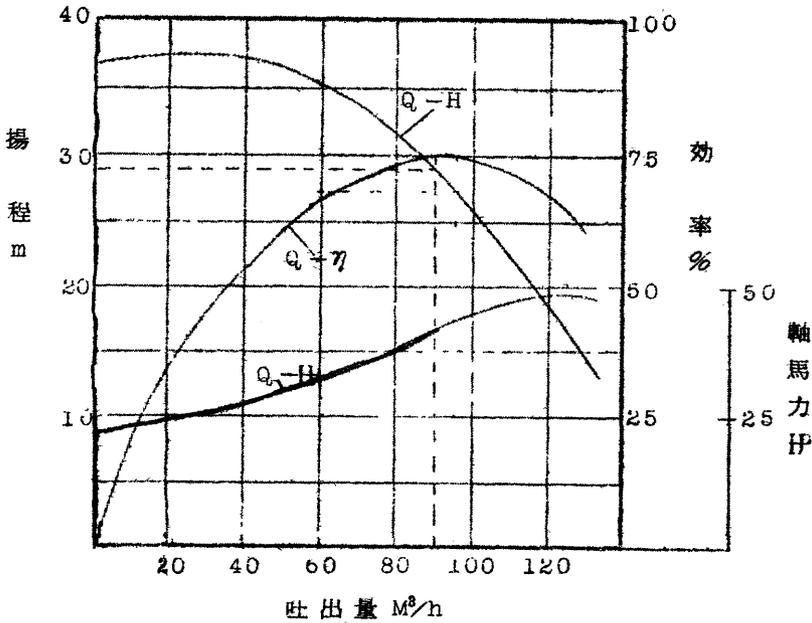


1-35 図

## (3) うず巻ポンプの特性

### ア ポンプの特性曲線

ポンプは回転数( $n$ )、揚程( $H$ )、吐出量( $Q$ )、軸馬力( $HP$ )及び効率( $\eta$ )等のある一定の関係をもっている。この中で回転数を一定にした場合の吐出量と揚程、軸馬力、効率との間の関係が最も重要であつて通常これを表わす曲線をポンプの性能曲線という。



1-36 図 うず巻ポンプの特性曲線

### イ うず巻ポンプの特性曲線

1-35図はうず巻ポンプの特性曲線の一例であるが、この図から次のことがわかる。

- (ア) 吐出量を0としたときの揚程は約37mであり(これを縮切揚程という)吐出量を少しずつ開いて吐出量を増すと初めのうちは揚程はわずかに上る本その後は次第に減少する。(初めから次第に減少するものもある)

- (イ) 効率は  $90\text{ m}^3/\text{h}$  付近で最大であり、そのときの揚程は約  $29\text{ m}$  で吐出量がそれ以上ふえると揚程、効率共に急激に減少する。
- (ウ) 出力は吐出量の増加に応じて漸増するが  $120\text{ m}^3/\text{h}$  以上になると激減する。

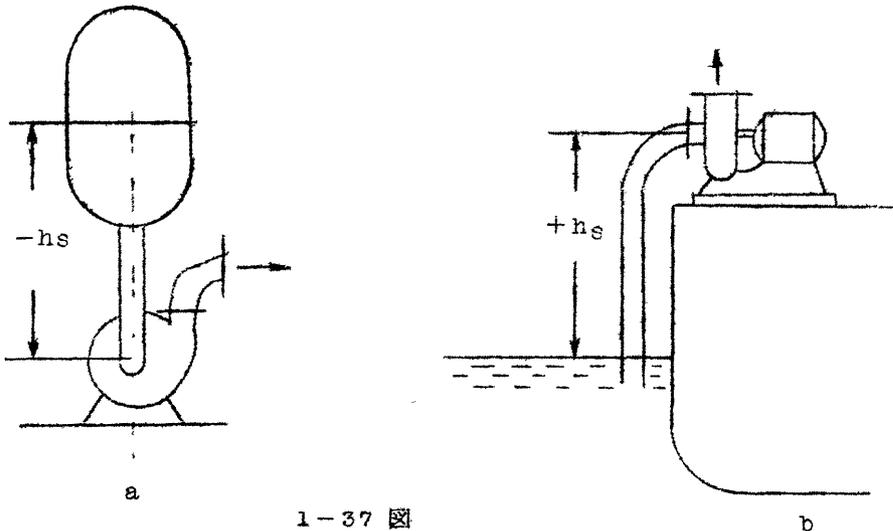
## ウ うず巻ポンプの性質

### (イ) 呼び水の必要性

うず巻ポンプ起動時はあらかじめポンプケーシング内に液体を充填させる必要がある。艦艇用のうず巻ポンプは大抵 1-37 図 a のようにポンプが吸入側の水面より下位になるように装備されているので起動時、呼び水をする必要はないが、1-37 図 b のように吸入側の水面がポンプより下にあるときは必ず呼び水が必要となる。

- (イ) 特性曲線を見てもわかるように、うず巻ポンプ起動時はポンプ及び原動機に急激に負荷が加わるのを防ぐため、ポンプの吐出弁を閉鎖したまま起動し、回転が上つてから徐々に吐出弁を開いて所要の吐出量を得るようにする。

停止時は、出口弁を先に閉めてからポンプを停止する。



## エ うず巻ポンプに起る障害

### (ケ) キャビテーション (Cavitation)

原因：吸入圧力の過低 —— 吸入出頭，液体温度

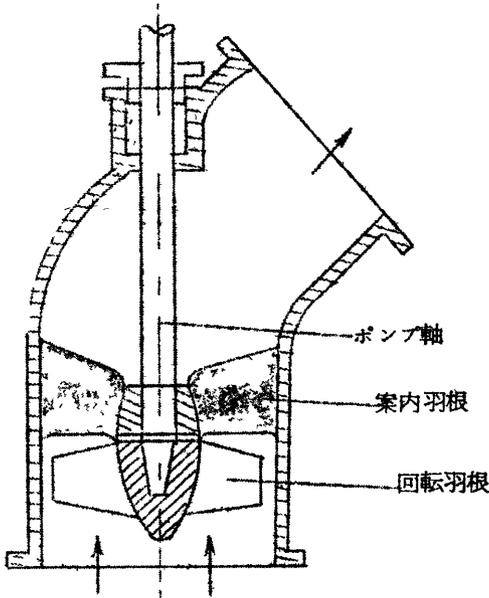
現象：ポンプ内で気体発生 —— 吐出量の激減

障害：羽根車の Erosion

### (イ) 水撃作用

長い吐出管を有するうず巻ポンプを吐出弁を開いたままで急激に発停する際に発生する。

## 3 軸流ポンプ (Axial Flow, Propeller, Pump)



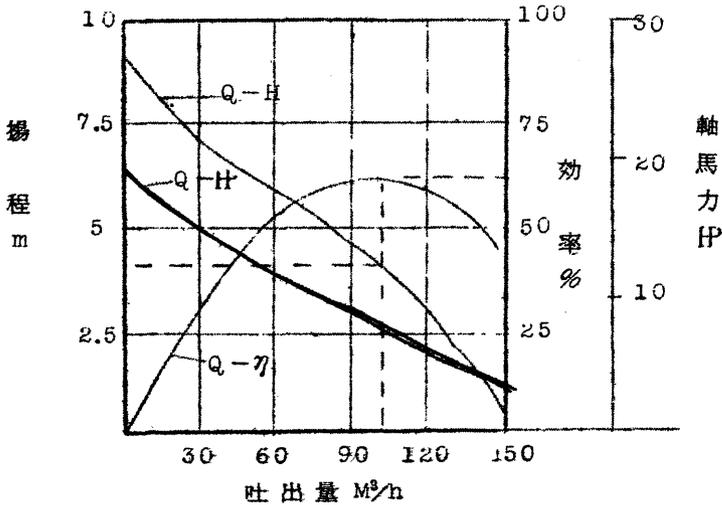
1-38 図

## (1) 用途

低揚程，大容量のポンプに用いられ，護衛艦では主復水器の循環ポンプに使用される。

## (2) 軸流ポンプの特性

### ア ポンプの特性曲線



1-39 図 軸流ポンプの特性曲線

1-38 図は軸流ポンプの特性曲線の一例であるが，先にあげたりず巻ポンプの特性曲線と比較すると次のことがわかる。

イ 揚程はうず巻ポンプに比し低く，計画揚程（ $\eta_{max}$  における揚程——約 4 m）に対して締切揚程は非常に高く，しかも吐出量の増加とともに急激に減少する。

ウ 吐出量 0 のときの出力は最大で吐出量の増加とともに減少する。（うず巻ポンプでは吐出量 0 のときの出力は最少）

## あ) 軸流ポンプの特長

ア 形態が小さくうず巻ポンプの約 $\frac{1}{2}$ の容積である。

イ 高速回転型であるため原動機と直結可能

## (4) 取扱上の相違(うず巻ポンプとの比較)

起動時は吐出弁を全開したのち起動し、停止後吐出弁を閉鎖

## 4 ロータリポンプ

回転することによつてピストン作用をするロータで流体を押し出すポンプで回転する点から見ればうず巻ポンプに似ているが、ポンプ作用は容積型に属する。

### (1) 特長

ア ポンプ弁を必要としないので高速回転が可能で電動機直結が可能

イ 往復部分がなく構造簡単、取扱容易、一定出力に対して重量容積を小さくすることができる。

ウ 高粘度の液体の送給に最適

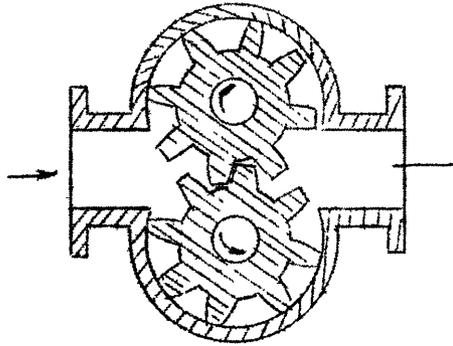
エ ポンプが吸入水頭より上方にあつても呼び水は不要

### (2) ロータリポンプの例

#### ア 平歯車ポンプ

主動歯車と従動歯車をかみ合せて回転させ歯とケーシングの間にある液体を順次押し出すもので、おおむね 600 r.p.m 以下で潤滑油、燃料油等を送給する。

吐出量の調整は回転数を加減して行なう

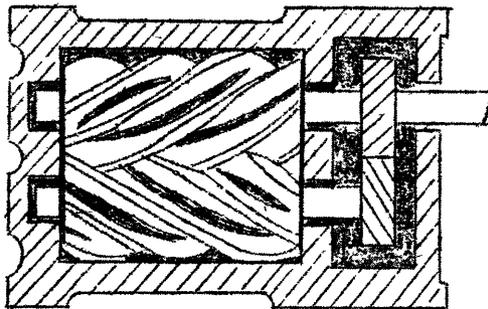


1-40 図 平歯車ポンプ

このポンプの難点としては、歯のかみ合い部に残った油のため圧力が上昇して歯車を外側に押す作用が働き高速時は振動騒音が大きい。

イ はすば歯車ポンプ

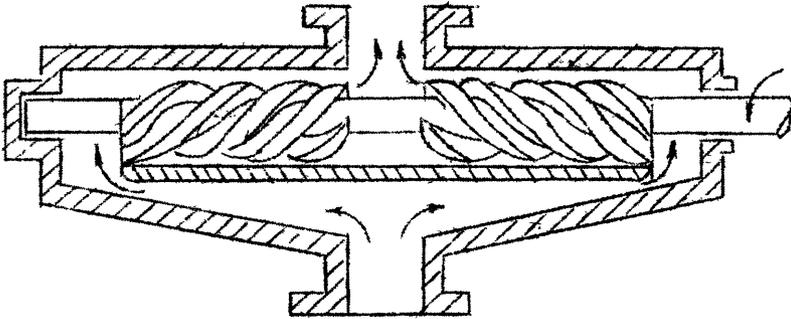
前項の平歯車をはすばにして歯底の液が順次逃げ出すようにして閉じ込み作用をなくしたもので高速回転に適し、油以外の潤滑性に乏しい液体の送給も可能である。



1-41 図 はすば歯車ポンプ

## ウ ねじポンプ

ボルトが回転するとナットが軸方向に移動するのと同じ原理で密閉されたケーシング（容器）内でネジ軸を回転させ、ケーシングとネジの谷の間にある液体を軸方向に移動させるようにしたポンプである。



1-42 図 1本ねじポンプ

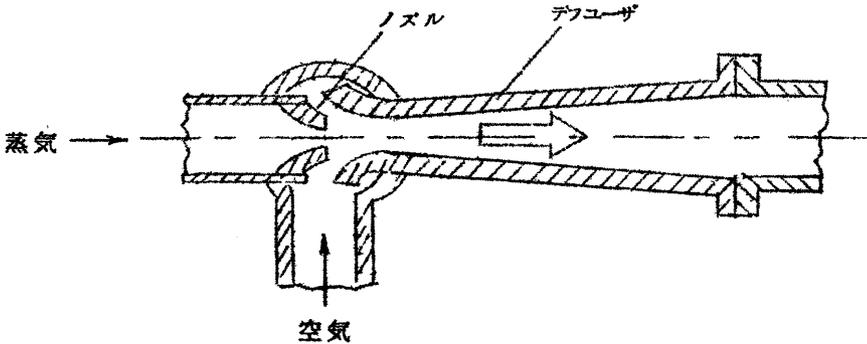
ねじポンプは、ねじの数により、1本ねじポンプ、2本ねじポンプ及び3本ねじポンプ（別名IMOポンプ）の種類があるが、その特長とするところは

- (ア) 液中に固形粒子が含まれていてもさしつかえない。
- (イ) 高粘性液でも円滑に移送できる。
- (ウ) 液に攪拌や脈動がなく、液は静粛に送給できる。

ことなどがあげられ護衛艦では重油噴射ポンプに使用される。

## 5 ジェットポンプ

圧力をもつ水又は蒸気をノズルから噴射して、そのエネルギーを速度エネルギーに変換し周囲の水又は気体にエネルギーを与え、これを更にデフューザ（末広管）で圧力ヘッドに換えて送り出すポンプである。



1-43 図 空気エゼクタ

### ア 特徴

効率が極めて悪い（一般に 15～20%）が運動部分が全くないので故障がなく、泥水、汚水でも容易に吸引することができる。

### イ 用途

- (ア) 空気エゼクタ
- (イ) ビルジエゼクタ
- (ウ) ビルジエダクタ

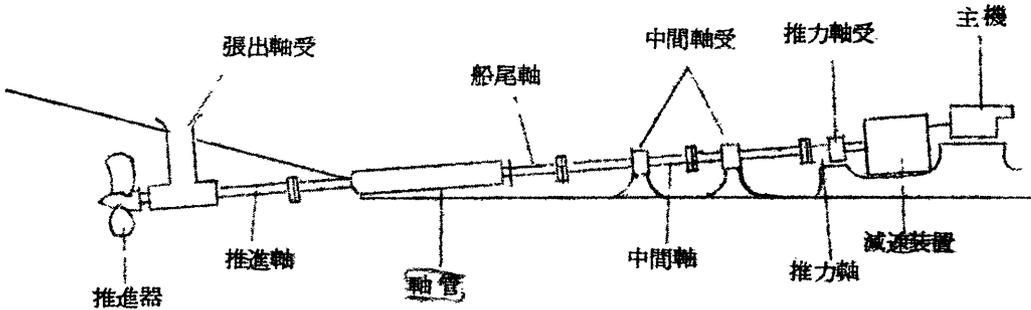
## 第6節 軸系及び推進器

### 1 軸系

#### (1) 機能及び構成

主機で発生した動力を艦外の推進器に伝達し推進器で発生した推力を船体に伝えるための装置であり、次の構成より成る。

- ア 推力軸及び推力軸受
- イ 中間軸及び中間軸受
- ウ 船尾軸及び軸管
- エ 推進軸及び張出軸受



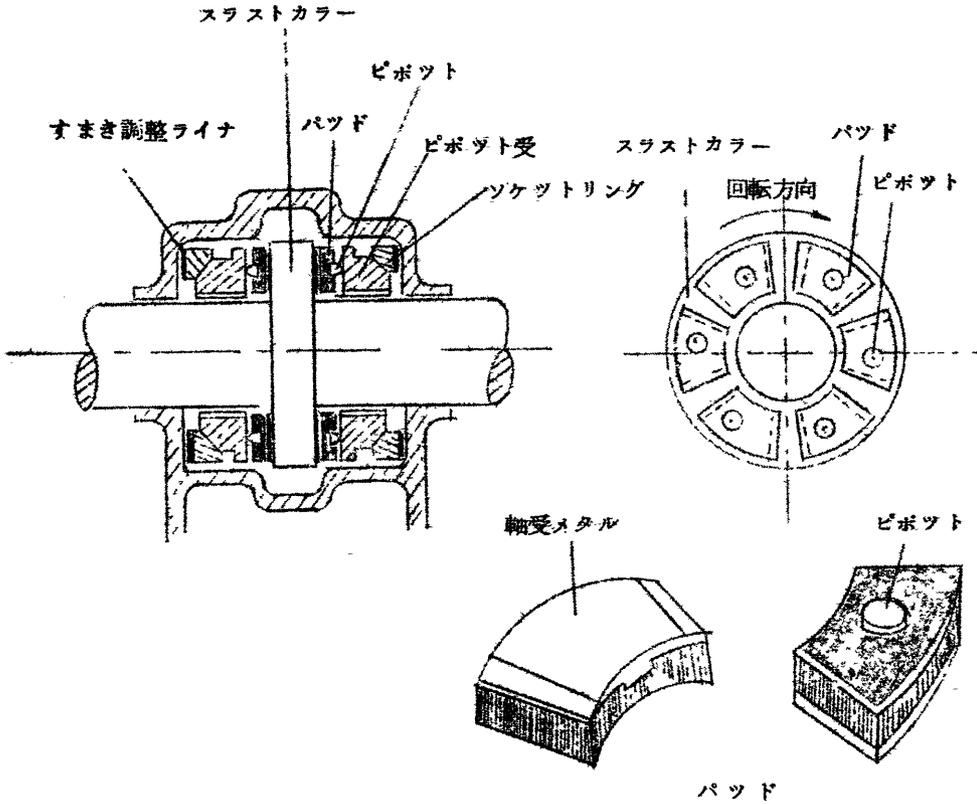
1-44 図

#### (2) 推力軸及び推力軸受

推力軸は主機の直後に連結する軸でスラストカラを備え、これが船体に固定されたスラスト受面に密接し、プロペラから伝わる推力をここで受けとめて船体に伝える。

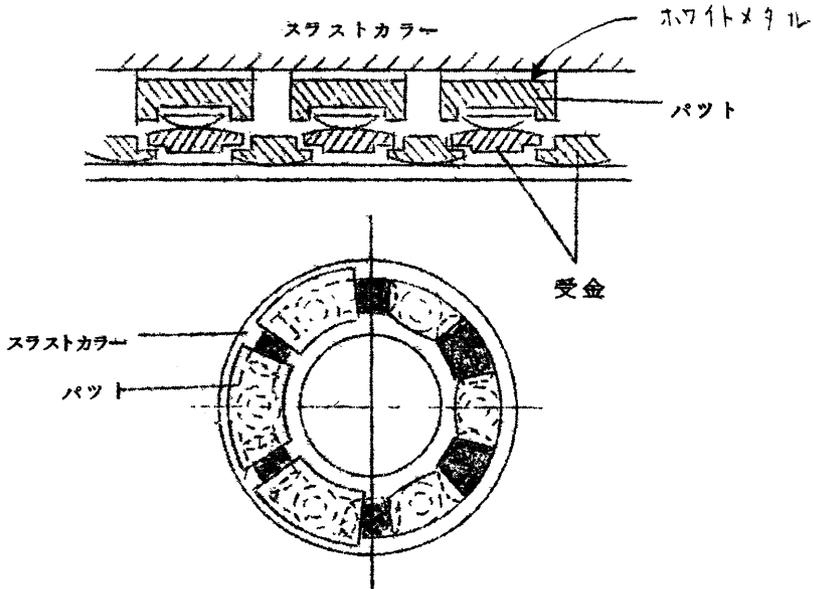
ア 推力軸受の種類及び構造

(ア) ミツチエル式推力軸受



1-45 図 ミツチエル式推力軸受

(1) **キングスベリ**式推力軸受 ----- 護衛艦



1-46 図 キングスベリ推力軸受

(3) 中間軸及び中間軸受

推力軸と船尾軸とを連絡する軸で重量を軽減するため中空型にしたものが多く使用される。

中間軸受は単に中間軸の重量を支えるだけのものであるから、軸受面は下半部に設けられ、上半部には前後縁のみ※ホワイトメタルが設けられるのが普通である。

※ ホワイトメタル

機関の回転軸を支える部分に設けられる軟質で、摩擦係数の少ない合金で軸受の回転軸に接する面に鑄込まれる。

ホワイトメタルにはPbを主成分とする鉛台ホワイトメタル、Snを主成分とする錫台ホワイトメタル及びZnを主成分とする亜鉛台ホワイトメタルの三種があり、それぞれ長短がありその性質によつて使用目的がことなるが、タービン機関のように高速回転をするものでは、一般に錫台ホワイトメタルが使用される。

錫台ホワイトメタルをBabbitt metalとも呼んでいる(鉛台ホワイト

# HP『海軍砲術学校』公開資料

メタルを含めて Babbit metal と称することもある。)

なお、軸受用合金としては上記のホワイトメタルのほかにケルメット (Kelmet Alloy) と呼ばれる Cu-Pb 合金などがある。

## (4) 船尾軸

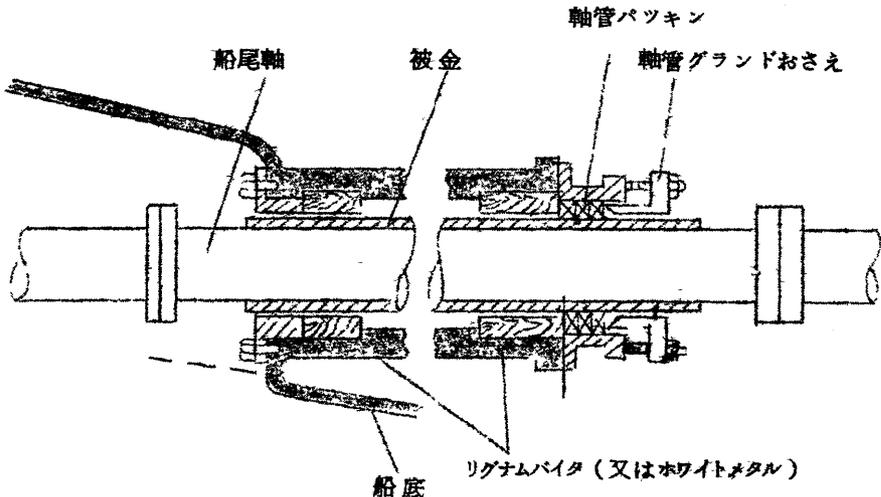
中間軸と推進軸との間の軸で、軸管 (Stern Tube) を通り船体を買通する。

軸管を買通する部分には黄銅の被金が施してある。

被金の目的

- ア 軸管、軸受との摩擦軽減
- イ 摩耗時の取換えを容易にする。
- ウ 船尾軸の腐食防止

## (5) 軸管



1-47 図

ア 機能

- (ア) 船尾軸の軸受
- (イ) 軸貫通部からの海水漏洩防止

## イ 構造

### (7) 軸管グランド

#### a グランドパツキン

##### (a) 種類

- ・ 麻 - グリースパツキン

麻の角打パツキンをグリースで煮たもの。

- ・ ビラー

麻と減摩合金被覆麻とを混じて編んでこれに潤滑剤（主として黒鉛）をしん透加工したもの。

- (b) 軸管の艦内側より数本そう入されグランド抑えにより締めつけられる。

#### b グランド抑え

##### (a) 締付け度

軸回転中にグランドから海水が滴点漏洩する程度に平均に締める。

締めすぎるとパツキン内への海水の滲透がなくなり過熱をおこすことがある。

- (b) 麻 - グリースパツキンを装備する艦では、出港前に少しゆるめ、入港後少し増し締めする。

- (c) ビラーパツキンでは締め戻しがあまりきかないから増し締めは慎重を要する。

### (8) 軸管軸受

#### a 軸受部材質の種類

- (a) リグナムバイタ (東方産の樹脂に實は硬質の材木)

潤滑方法：軸貫通部から滲透する海水による。

- (b) カットレスベアリング (合成ゴム)

潤滑方法：リグナムバイタに同じ。

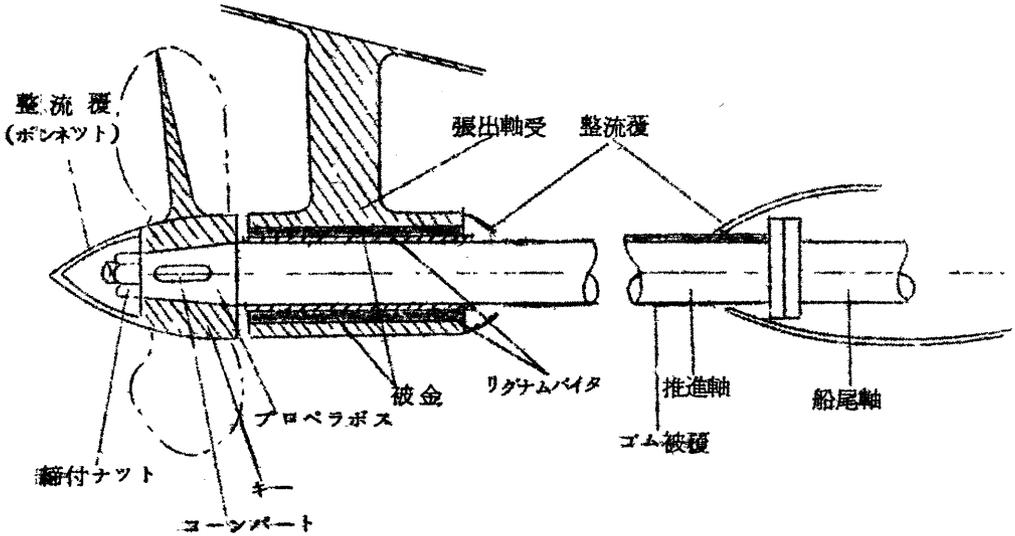
- (c) ホワイトメタル ----- 現在適白は使用してない

潤滑方法：油又はグリース

(6) 推進軸

推進器を取り付ける軸で前端は船尾軸に結合される。

張り出し軸受との当り面は、船尾軸の場合と同様に黄銅製の被金を施し被金のない部分はゴム被覆又は防食塗装をする。



1-48 図

(7) 張り出し軸受

推進軸との当り面は船尾管と同様、**リグナムバイタ**又はカッタレスペアリングである。(くす型ではホワイトメタル)

抵抗の減少と泥砂の軸受部への侵入を避けるため整流覆を取付ける。

(8) 軸系付属装置

ア 軸固定装置

主機が故障等で運転できない状態で片軸航行又はえい航される場合、誘転を防止するために軸を固定するもので、バンドブレーキ式のものと同型回転止め式のものがあるが、現近ではバンドブレーキ式のものも多く用いられる。

## 装備場所

- 爪型回転止め式……………※軸室
- バンドブレーキ式……………※※主機回転装置

MALHAK式 電気  
 新型は全コニカ  
 ホブキンソニ式 光学

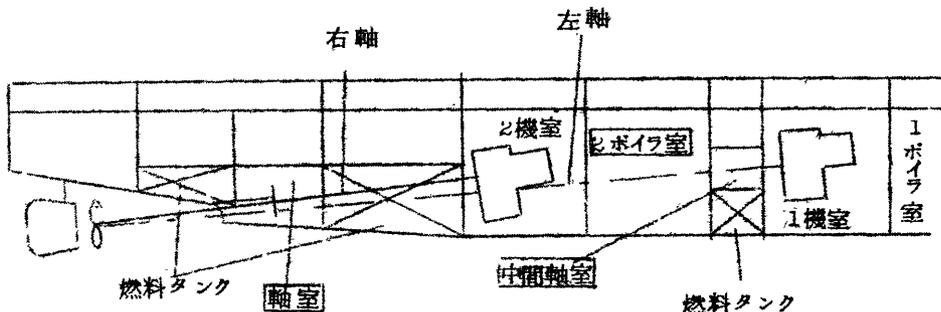
## イ **振り動力計**(Torsion Meter)又は馬力計発信器

いずれも主軸の振れの度合(振れ指数と言う)を検出する装置で軸出力算出の基となる。

$$(\text{軸出力}) = (\text{振れ指数}) \times (\text{軸個有の係数}) \times (\text{毎分回転数})$$

## 装備場所

- 左げん軸：2ボイラ室又は中間軸室(あまつかぜ、たかつき)
- 右げん軸：軸室



1-49 図

※軸室：軸の艦内における最後部すなわち、船尾軸の一部及び軸管の艦内での開口部を内蔵する小室で、右軸用、左軸用それぞれ独立した区画である。

※※主機回転装置：主軸を主機によらず小型のモータで緩転させるための装置で主機の減速装置に装備されている。

2 推進器

推進器にも種類が多いが、現今われわれがいわゆる推進器と称しているのはスクリウプロペラのことであり、ねじを回転させることによつて軸方向に移動することを利用したもので、プロペラの羽根はねじの一部とみなされる。

(1) プロペラに関する用語

ア ポス

イ 羽根

ウ 前縁と後縁

エ 前進面と後進面

オ 直 径：プロペラの先端が画く円の直径

カ ピッチ：プロペラをねじの一部分と考えたときプロペラが一回転することにより進むべき距離

キ **円板面積**：(プロペラの先端が画く円の面積) - (ポスの面積)

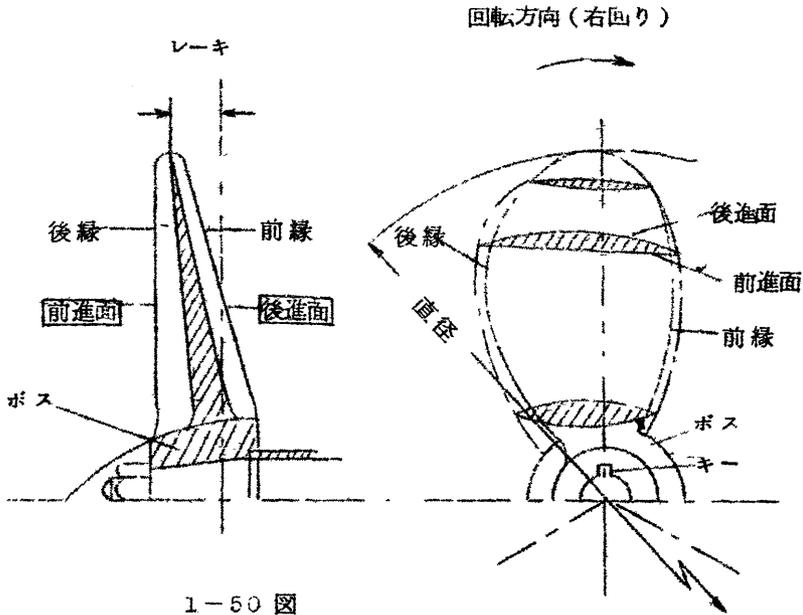
ク **展開面積**：(一平面上にプロペラを展開した面積の合計) - (ポスの面積)

ケ **射影面積**：~~プロペラを~~直角な平面上に投影した羽根面積の合計

コ **ピッチ比**： $\frac{\text{ピッチ}}{\text{直径}}$  ……通常 0.9 ~ 1.1

サ **展開面積比**： $\frac{\text{展開面積}}{\text{円板面積}}$  ……通常 0.4 ~ 0.7

シ **射影面積比**： $\frac{\text{射影面積}}{\text{円板面積}}$  ……通常 0.3 ~ 0.6



1-50 図

(2) 構造

ア 1体型と組立型

㊦ 1体型

羽根とボスとが1体に鑄造されたもの  
護衛艦の推進器はすべて1体型である。

㊧ 組立型

羽根とボスとが別別に鑄造されボルトで組立てられたもの。(ふじ)

イ 羽根の数

護衛艦では3枚羽根(くす型, ふじは4枚羽根)が用いられる。  
大型タンカーでは5枚羽根, まれには7枚羽根のものもある。

(3) 材 質

ア 材質の条件

- (ア) 耐食性の大きいこと。
- (イ) 強度が大なること。
- (ウ) 表面が固いこと。
- (エ) 工作が容易なこと
- (オ) 軽いこと。

イ 一般にはマンガン青銅が用いられるが、護衛艦ではAl-Ni青銅が使用される。

↓小なる高船

↓Znを含まず腐食強い  
鋳造がむづかしい  
価格高

(4) 推進器におこる障害

ア キャビテーション

(ア) プロペラが水中で回転し、水を後方に推しやる量と前方からプロペラに供給される量とに不均合が生ずると(高速度で回転すると)、プロペラの周囲において、水の断続、すなわち空虚な部分が生じプロペラの効率が著しく減少するばかりでなく、浸食作用をおこす。この現象をキャビテーションという。

(イ) キャビテーションを生ずる原因

- a 羽根の先端速度の過大
- b プロペラが水面に近い場合
- c プロペラの直径が大きすぎる場合
- d 羽根の縁が厚い場合
- e 羽根の表面、又は形状が滑らかでない場合
- f 羽根の単位射影面積当りの推力の過大

(ウ) キャビテーションが及ぼす影響

- a プロペラの効率を減ずる。
- b 推力を減ずる。
- c 羽根の面がむしり取られあばた状となる。
- d 騒音及び振動の発生

## イ 鳴音(シンギング)

プロペラ羽根の後縁の前進面と後進面から交互に渦流が発生し、この渦流による強制振動と羽根の自由振動周期が一致した場合にキャビテーション発生域以下でも連続的な鳴音を発生することがある。

後縁を薄くすることにより防止できる。

## ウ 振動

- (ア) 伴流の不均一によるもの
- (イ) 静的又は動的不均合
- (ウ) カルマン渦の発生
- (エ) ピッチの不均一
- (オ) コーンパート加工の際の心出し不良による。
- (カ) 羽根の変形、折損

## エ 浸食、腐食

### (ア) プロペラの浸食(エロージョン)

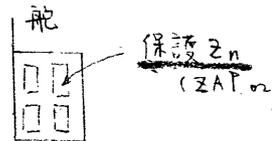
海水が電解液を形成 → 局部電池

イオンに傾向

### (イ) 船体の腐食

保護軟鋼

脱亜鉛現象 ←  $Zn$  → 鉄鋼 → 鋳鉄  
陽極



### (5) プロペラスリップ

先に述べたようにプロペラは、ねじの一部であると考えこれが固体中で回転して前進するものとすれば、プロペラの毎時の速さ、 $V_p$ (ノット)は

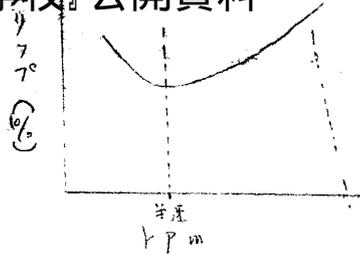
$$V_p = \frac{P \times N \times 60}{1853}$$

ただし、P プロペラのピッチ (m)

N 毎分回転数

で表わされる。しかしながら船の速度Vはプロペラ速度 $V_p$ よりも小さい。このプロペラ速度と船の速度の差のプロペラ速度に対する百分比をスリップ(Slip)という

$$\text{Slip} = \frac{V_P - V_S}{V_P} \times 100\%$$



(6) 推進効率 (Propulsive efficiency)  $\eta_p$

船を推進する有効出力と 機械の発生した実出力との比を言い  
今

$$\eta_m = \frac{\text{軸出力}}{\text{指示出力}} = \text{機械効率 (Mechanical efficiency)}$$

$$\eta_t = \frac{\text{伝達出力}}{\text{軸出力}} = \text{伝達効率 (Transmission efficiency)}$$

$$\eta_p = \frac{\text{推力出力}}{\text{伝達出力}} = \text{プロペラ効率 (Propeller efficiency)}$$

$$\eta_h = \frac{\text{有効出力}}{\text{推力出力}} = \text{船体効率 (Hull efficiency)}$$

とすれば 推進効率  $\eta_p$  は次の如くなる。

$$\eta_P = \eta_m \times \eta_t \times \eta_p \times \eta_h$$

$$= \frac{\text{有効出力}}{\text{指示出力}}$$

## 第 7 節 配 管

本章においてボイラ、タービン及び各関連装置について述べて来たが、これらを連絡するのに欠くことのできないものは、配管装置である。又艦内には前記の機関室のほか、艦内にくまなく各種、各口径の配管がはりめぐらされている。われわれが艦に配置された場合、その所掌業務にかかわらずまず最初に知悉しなければならないのはこれら各種配管である。

### 1 管系の分類

#### (1) 蒸気管系

主蒸気管系，補助蒸気管系，雑用蒸気管系 補助排気管系

#### (2) 復水管系，給水管系，ドレン管系

#### (3) 海水管系

消防主管系 甲板散水管系，雑用海水管系，注排水管系，冷却水管系  
ビルジ管系

#### (4) 燃料管系 潤滑油管系，作動油管系

#### (5) 真水管系，温水管系，冷温水管系

#### (6) 空気管系

武器用作動空気，雑用空気，空気抜

#### (7) 通風管系

### 2 護衛艦における各種管系の特徴

陸上施設又は商船に比し配管が複雑

#### (1) ボイラ数，主機の基数及び機関室配置

#### (2) 被害時の考慮

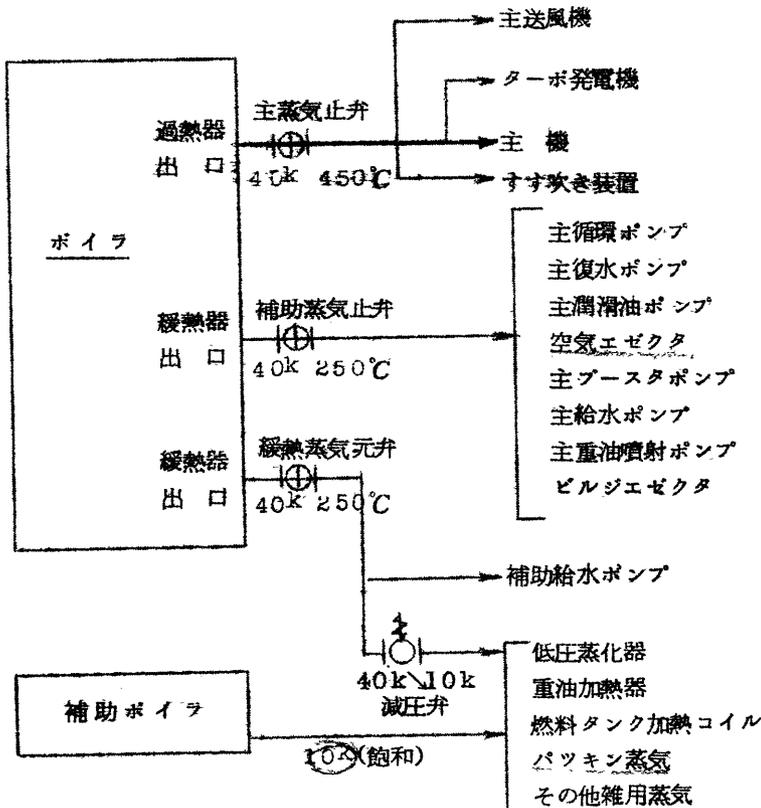
## 3 配管時における、一般的注意事項

- (1) 最も短距離であること。
- (2) 防水隔壁貫通部は完全防水とする。
- (3) 管の途中で遮断できること ・弁
- (4) 流動効果を生じないこと ・わん曲及び絞りの個所を少なくする。
- (5) 振動、動揺、伸縮に耐えること。

## 4 機関室配管

### (1) 蒸気管系

ア 主ボイラから主機械及び蒸気を動力又は熱源とする諸装置へ、又は補助ボイラから蒸気を熱源とする諸装置への蒸気の供給を行なう。



1-51 図

## イ 護衛艦における配管

- (ア) 左舷機へは1ボイラから、右舷機へは2ボイラから主蒸気を供給するのがたてまえであるが、1つのボイラから両方の主機に蒸気を供給することもできる。(減ボイラ運転)
- (イ) 主機用蒸気と補機用蒸気はボイラから別れて供給され相互に交通することはない(両蒸気管の間に主補交通弁を設け相互に連結しているものもある)
- (ウ) ボイラ室の補機は、自室のボイラで発生する蒸気によつて運転されるのがたてまえであるが、他室のボイラからも蒸気は供給される。



(2) 補助排気

ア 補助排気の利用

補助機械で生じた排気を補助排気という。

補助排気はまだ十分な圧力があり熱エネルギーが残留しているので、これをそのまま復水器に入れなくて次のような装置の熱源に使用する。

- (ア) 給水加熱器又はエアレータ
- (イ) 造水装置
- (ロ) バノキン蒸気
- (ハ) 低圧タービン

イ 普通排気弁と密閉排気弁

(ア) 普通排気弁

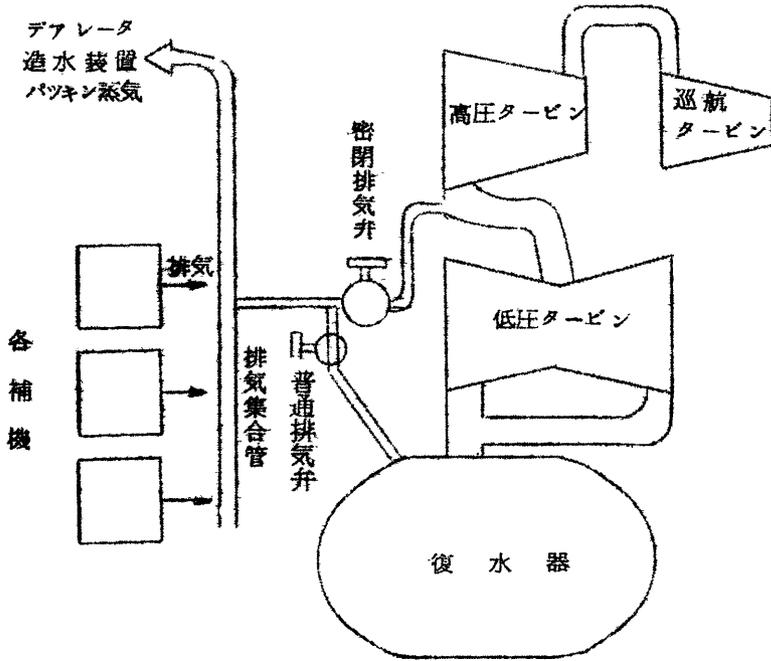
補助排気の圧力を一定に保つため、復水器への流量を調整する。

(イ) 密閉排気弁

補助排気の圧力を一定に保ちながら、余分の排気を低圧タービンに送り込む——熱効率の向上（あまつかぜ以降の艦ではこの装置はない）

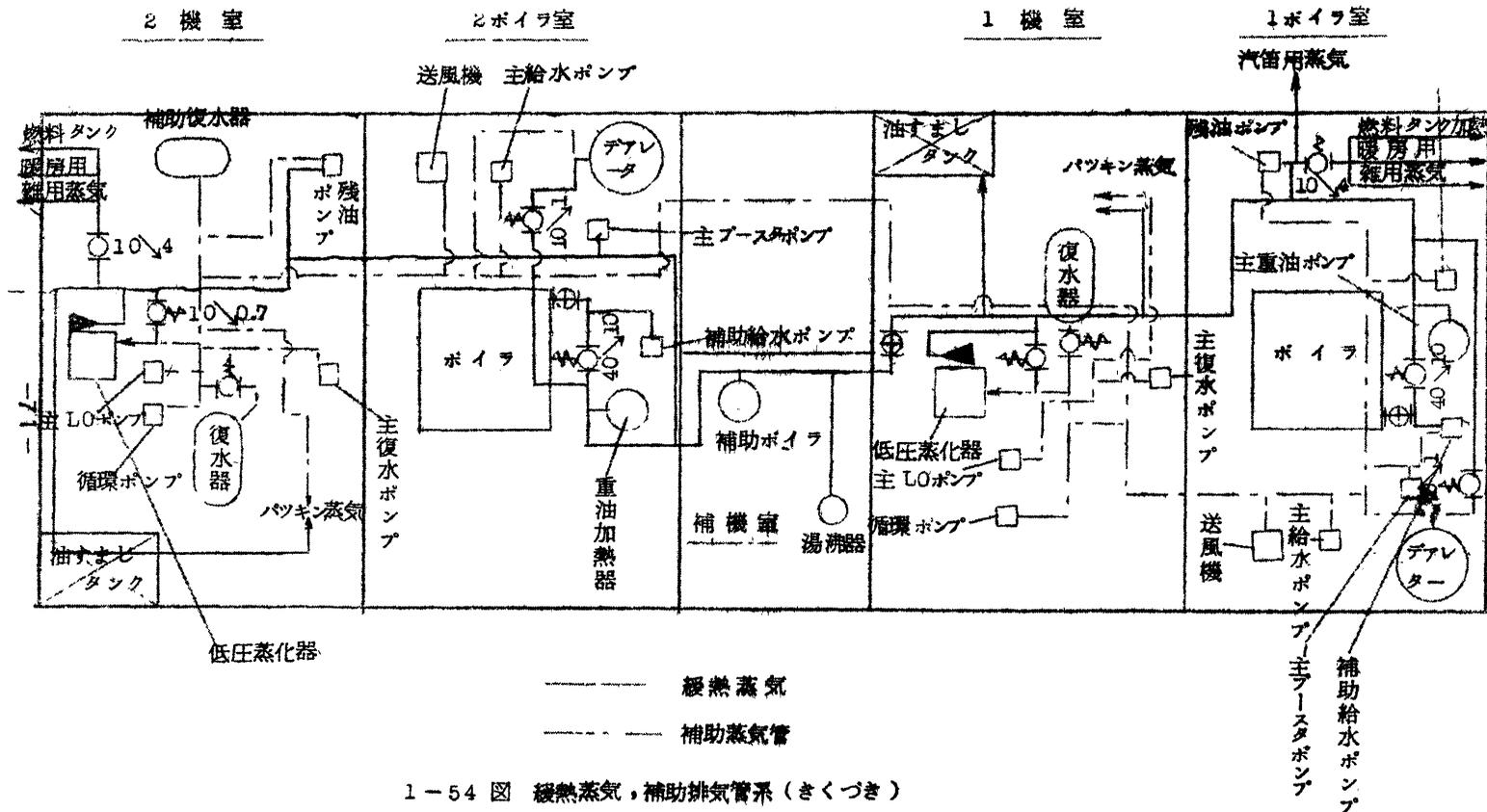
(ロ) 排気圧力

いずれの場合も 1.2～1.5 ㎏に調整



1-53 図

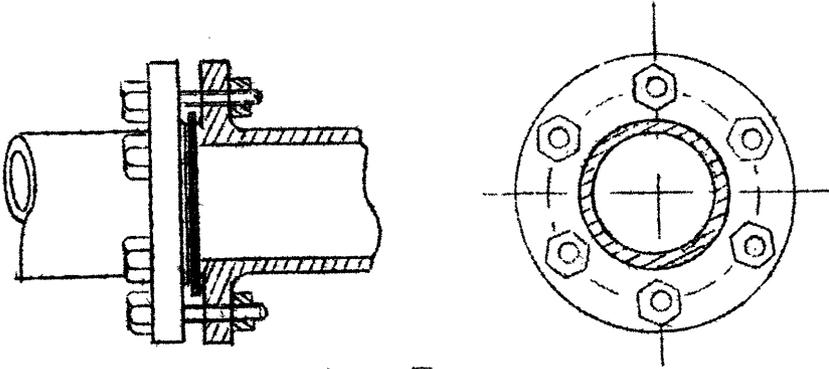
# HP『海軍砲術学校』公開資料



5 配管付属装置

(1) 管継ぎ手

ア フランジ継ぎ手



1-55 図

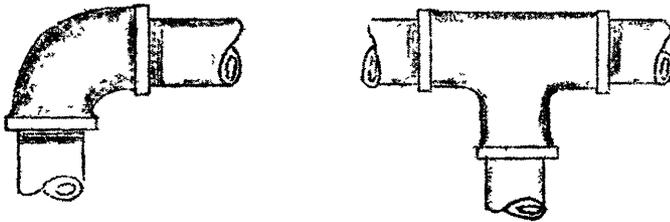
比較的径の大きい管  
管内圧力の高い管  
たびたび取外しを要する管 } の継手に用いられる。

接合面にはガスケットをそぎ入して気(水)密を保つ。

イ ガス管継ぎ手

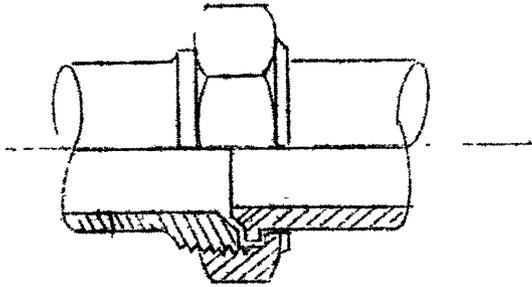
小径管の継ぎ手

㍿ ソケット型



1-56 図

(イ) ユニオン継ぎ手



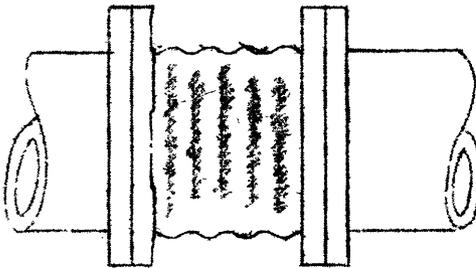
1-57 図

ウ 伸縮継ぎ手

(ア) 管の熱膨張

温度差100℃につき	鋼管	1.2 mm/m
	銅管	1.9 mm/m

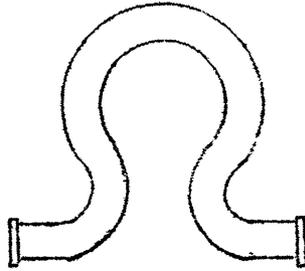
(イ) 波型伸縮継ぎ手



1-58 図

低圧大径の管に用いる。

(ウ) 曲り管継ぎ手



1-59 図

高圧，高温，長い蒸気管に使用する。

(2) ガスケット及びパッキン

漏えい防止のために継ぎ目等にそう入して用いる。

固定部に使用するもの ————— ガスケット

摺動部に使用するもの ————— パッキン

一般にはどちらもパッキンと総称される。

ア パッキンの種類

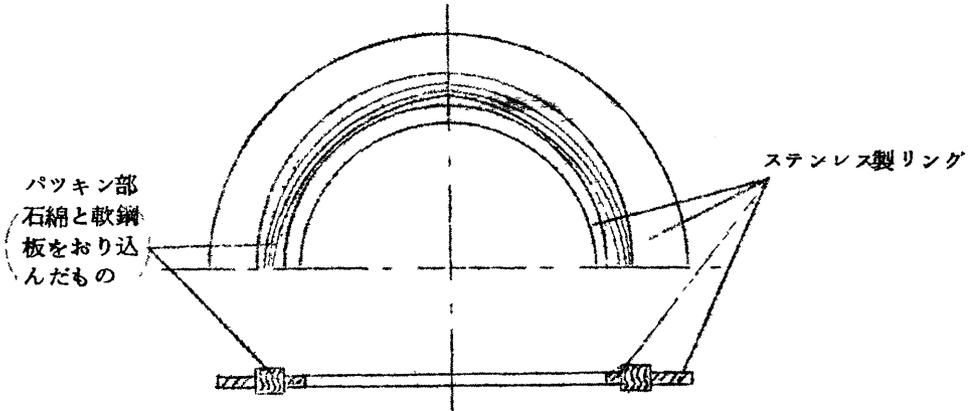
パ ッ キ ン の 種 類

名 称	材 料	用 途
インスレーションラバー	ゴム，綿布	水
スチームラバー	ゴム，真鍮針金	蒸気，高温の給水
銅パッキン	銅	高温ガス 例 シリンダカバー
鉛パッキン	鉛	アンモニア等
アスベストパッキン	石綿又は石綿+ゴム	蒸気，高温給水
クリンゲット	石綿	蒸気，空気，高温の給水
アマゾンパッキン	石綿，ゴム	蒸気，高温給水の摺動部
アアイバー	植物繊維	高圧空気，水，油

イ パツキンの例

(ア) フランジ継手のガスケット

ボルテックスパツキン

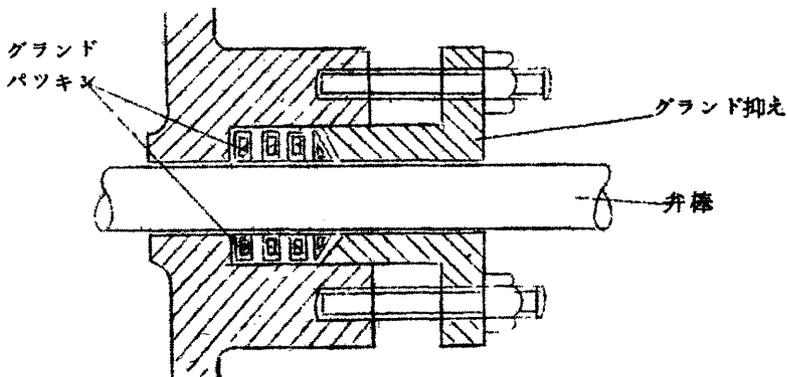


1-60 図

(イ) 弁棒、軸等の貫通部のパツキン

グラントパツキンと称し、石綿、木綿、麻等を角型に編んだ紐状パツキンを使用する。

高圧、高温部には石綿の外系にアルミはく等を巻き、黒鉛を混じたセミメタリックパツキンが適する。



1-61 図

(3) 保温材

ア 高温部の保温（蒸気管，給水管）

石綿，岩綿，けいそう土

イ 低温部

カボック フェルト コルク，グラスウール

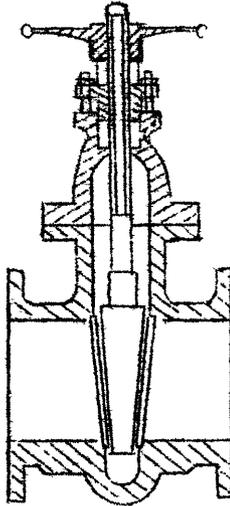
(4) 弁 類

管系統内の流体を閉止又は流量の調整を行なうため，弁，コック又はドレントラップを装備する。

ア 仕切弁

全開全閉で使用する。

抵抗 小

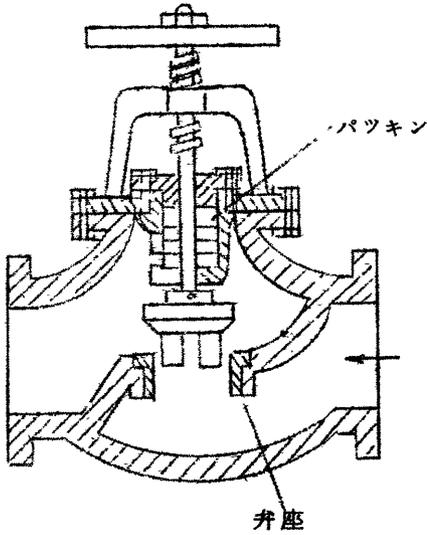


1-62 図

イ 玉形弁

もつとも一般的な弁で全開全閉及び絞りを目的とする個所に用いられる。

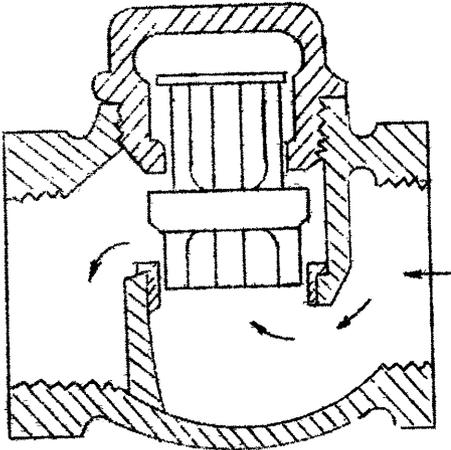
この変形としてL形弁がある。



1-63 図

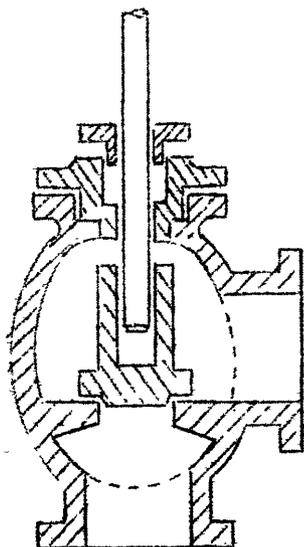
ウ 逆止弁

流体の方向を一方だけに流す目的の場所に用いる。

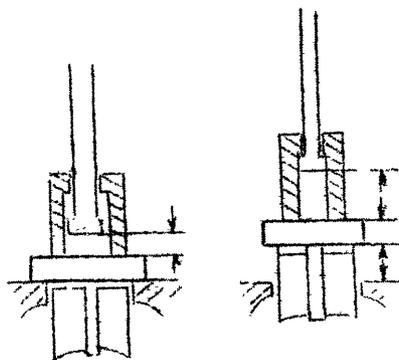


上下逆止

1-64 図



1-65 図 ねじ止逆止弁

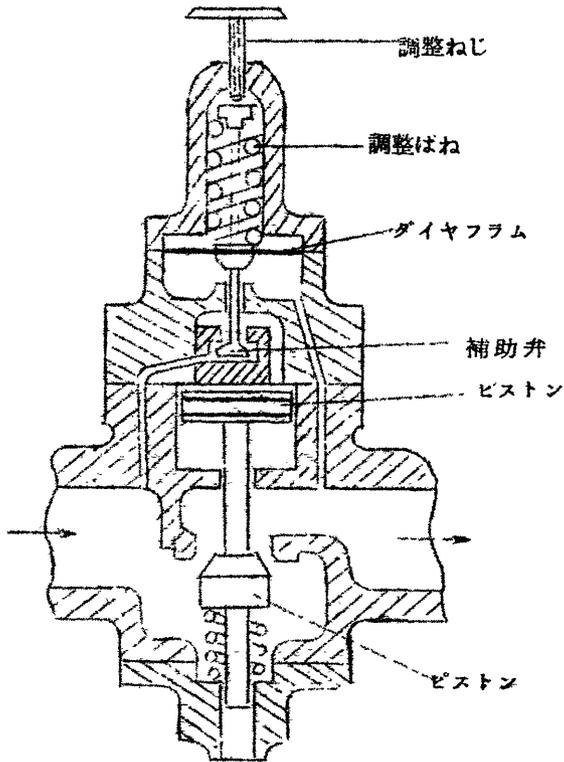


1-66 図 ねじ開閉逆止弁

エ **減圧弁**

流量にかかわらず出口側の圧力を一定に減圧する弁をいう。(1-54  
図 緩熱蒸気管系中  の記号で示した弁 —— 添書 10 \ 4 又は  
40 \ 10 等の符号は入口側圧力と出口側圧力を示す)

1-66図は減圧弁の一例を示す。



1-67 図

オ 安全弁

第2章 参照

カ 自動圧力調整弁

パッキン蒸気溜り内の圧力、補助排気管内等の圧力を一定に保つ。

## キ ドレン弁及びドレントラップ

### (ア) ウォーターハンマ

蒸気管中の蒸気はしばしば一部が復水しドレンとなつて管系内の局部に滞留することがある。これが蒸気の流れとともに移動し次第に加速されて、弁や管の曲りかどや機関の内部に激突すると、時としてこれらを破壊することがある。このような事故を予防するため管系に通気する際は管内に滞留するドレンを完全に排除しなければならない。そのため主要弁の付近、機関の入口、低部又は管系のドレンの滞留しやすい個所にはドレン弁やドレントラップが設けられる。

### (イ) ドレン弁

小型の玉型弁で手動で開閉しドレンを排除する。管系に通気する前にドレン弁を開き、通気後管系内のドレンを完全に排除してからドレン弁を閉鎖する。又通気中ドレン来襲の兆候があつたら当該管系のすべてのドレン弁を開きドレンの早期排除に努める。

### (ロ) ドレントラップ

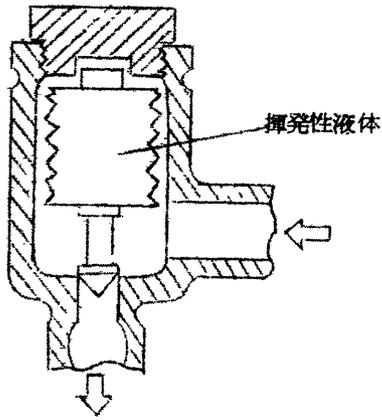
ドレンのみを自動的に排除する弁で比較的小径の管系の要所要所に装備されている。

ドレントラップの種類

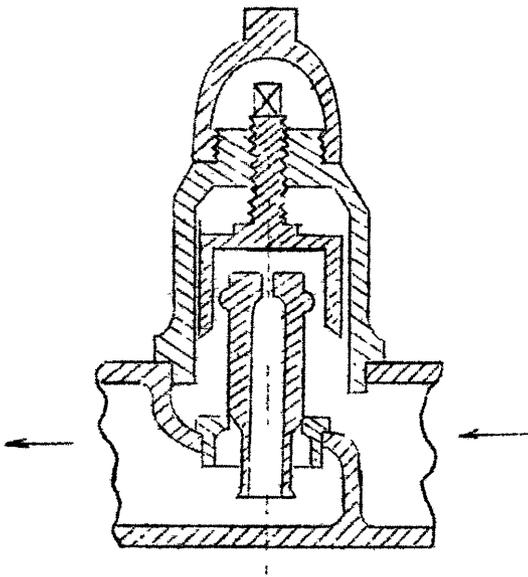
#### a 静熱式

#### b 熱平衡式

b 熱平衡式



1-68 図 熱平衡式フロートラップ



1-69 図 熱平衡式フロートラップ

HP『海軍砲術学校』公開資料

<http://navgunschl.sakura.ne.jp/>

## 第 2 章 ボ イ ラ

### 第 1 節 主要構成部

#### 1 炉 (Furnace)

炉は燃料から熱を取り出すために、燃焼を起こさせる場所で、炉を形成する空間を燃焼室という。

#### 2 蒸気ドラム (Steam drum)

##### (1) 機 能

- ア 発生蒸気を水面から分離する。
- イ 発生蒸気中の水分を分離する。
- ウ 蒸発水管に発生する蒸気を一時溜める。
- エ 発生蒸気のボイラ外への取り出し。
- オ 給水の受入れ及び気じょうに必要な給水の溜り
- カ 給水を降水管に分配する。

##### (2) 構 造

胴板と鏡板から成る。

#### 3 水ドラム (Water drum)

##### (1) 機 能

- ア ボイラ水を蒸発水管に分配する。
- イ ボイラ水中の不純物を沈でん集積し 舷外に排出する。
- ウ ボイラ割を取り付ける。

##### (2) 構 造

水ドラムは、蒸気ドラムのように蒸気溜め及び気水分離の要がないので蒸気ドラムより直径は小さい。

## 4 蒸発水管 (Water tube)

### (1) 機 能

ア ボイラ水が燃焼熱を吸収する。

イ 自己蒸発及び気泡の浮上により、ボイラ水の循環を加速する。

### (2) 構 造

ア 前部蒸発水管と後部蒸発水管

カ) 前部蒸発水管

炉内の熱を吸収し、ボイラ水に伝える。また過熱器にふく射熱の一部を与えさせるために

a 列数が少ない 普通 2～3 列

b 管ピッチが大きい。

c 管径が太い。普通 2" 程度

ク) 後部蒸発水管

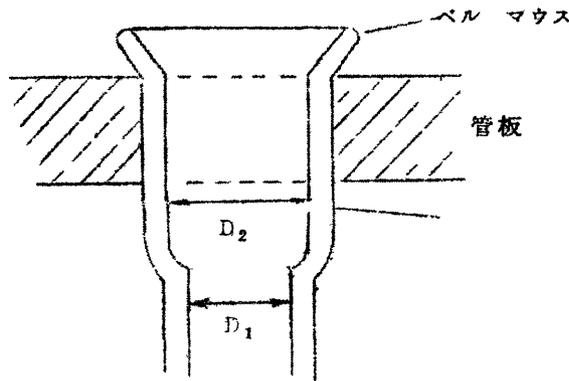
炉内の熱を吸収し、ボイラ水に伝えるとともに、伝熱面積をできるだけ大きくするために

a 列数が多い 普通 20～25 列

b 管ピッチが小さい。

c 管径が細い 普通 1" 程度

イ ドラムへの取付は、エキスパンド(拡管)及びベルマウスとして溶接はしない。(図 2-1)



2-1 図

ウ 管の上下端部は、汽餾時の熱膨張による伸びを逃すため、適当な曲りを付けてドラムに取付ける。

## 5 水壁管 (Water wall tube)

### (1) 機 能

ア ふく射熱の直射遮へい、及び冷却により炉内の高温から耐火煉瓦壁を保護する。

イ ボイラ水の熱吸収

ウ 上昇水流により、ボイラ水の循環を加速する。

### (2) 構 造

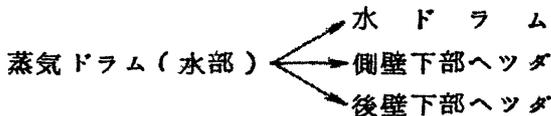
ア 側面下部ヘツダ→側面水壁管→上面水壁管→蒸気ドラム

イ 後面下部ヘツダ→後面水壁管→後面上部ヘツダ→蒸気ドラム

## 6 降水管 (Down Comer)

### (1) 機 能

降水による次の水分配



### (2) 構 造

ア 炉外の低温部(2重空気囲内)に設ける。

イ 管径が太い。(100~200mm)

## 7 ヘツダ (Header)

### (1) 機 能

ア 下部ヘツダ

水壁管への水分配

イ 上部ヘツダ(後壁についてのみ設ける)

水壁管から上昇して来るボイラ水気泡を集めて蒸気ドラムに移送する。

(2) 構造

- ア 角型と丸型とがある。
- イ 適当な位置に手孔を設ける。

8 **過熱器**( Supper-heater )

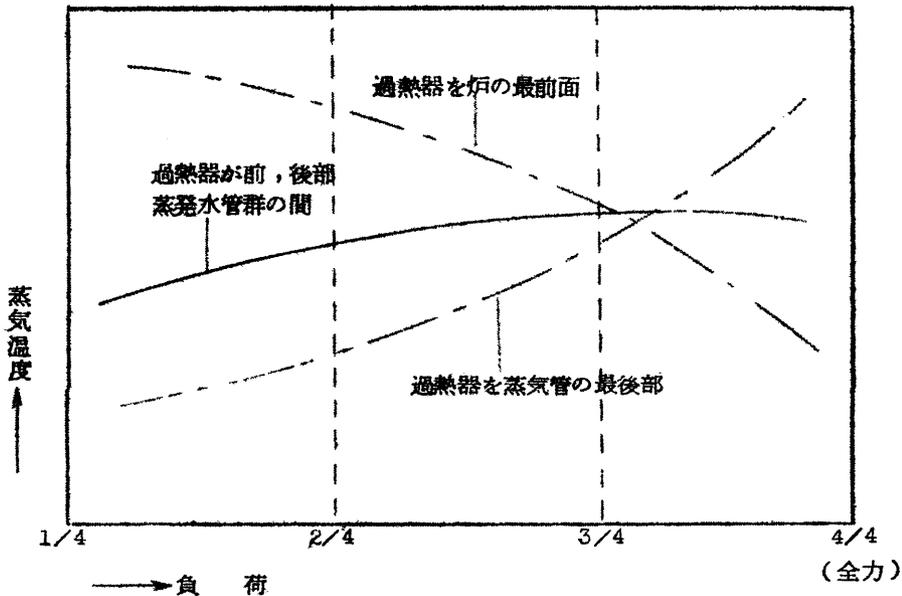
(1) **機能**

- ア 蒸気ドラムで発生した飽和蒸気をさらに加熱して過熱蒸気とする。
- イ 過熱蒸気を使用した場合の利点
  - ㊦ 理論的熱効率の増加
  - ㊧ 熱差の増大による蒸気消費量の減少
  - ㊨ 蒸気管及び原動機中における摩擦抵抗の減少
  - ㊩ 水分による腐食の軽減

(2) 構造

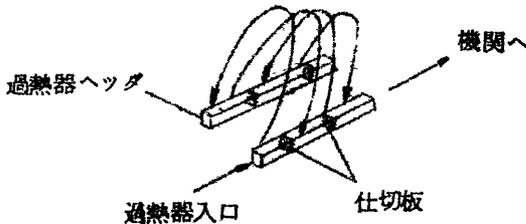
- ア 前部と後部蒸発水管群の間に設ける。

理由 ボイラ負荷の大小にかかわらず、過熱器出口の蒸気温度をなるべく一定に保つため。(図 2-2)



2-2 図

- イ 過熱器ヘッドと過熱管からなる。
- ウ 過熱器内の蒸気の流れは2～4回流とする。(図2-3)



2-3 図

エ 高温度に堪えるため特殊材 (Cr-Mo鋼) を使用している。

### (3) 付属装置

- ア ドレン弁
- イ 空気抜弁

### ⑦ 始動用蒸気弁

## 9 緩熱器 (Desuper - heater) ----- 始動用蒸気弁

### (1) 機能

ア 過熱器出口の蒸気では、蒸気温度が高過ぎて運転できない補機類及び雑用に送気するために、過熱器を出てきた蒸気を蒸気ドラム又は水ドラム内のボイラ水で適当な温度までに緩熱する。

### イ 過熱器の保護

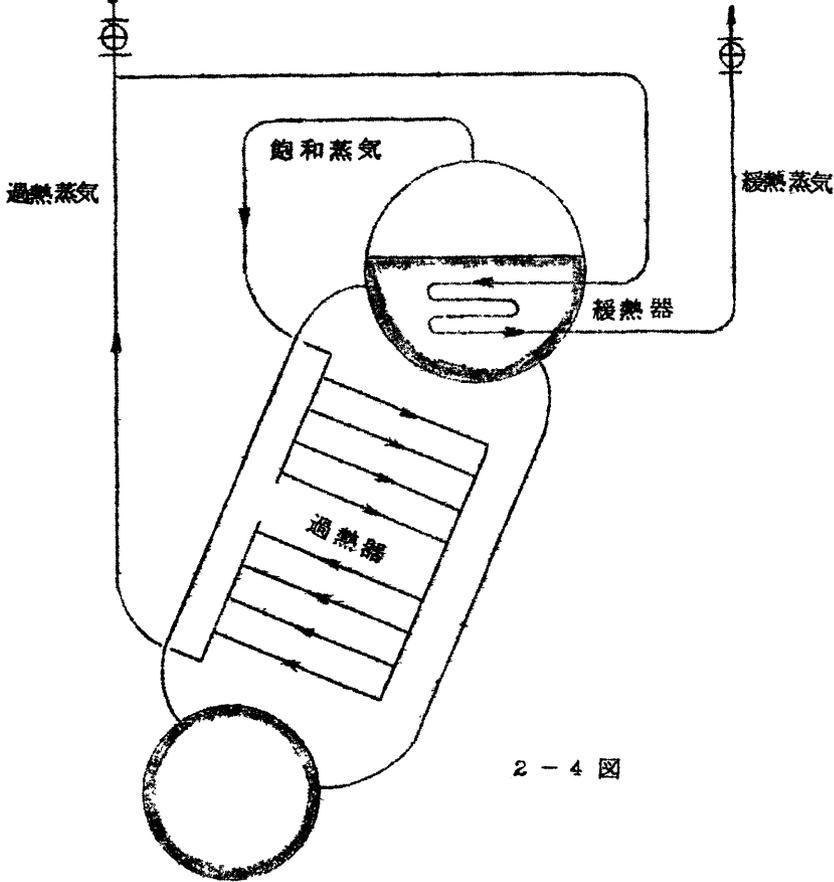
蒸気ドラムから直接に飽和蒸気をとると過熱器内を流れる蒸気量が減少し (特に機関の運転準備あるいは低負荷運転中等の場合にはなほだし) 過熱管を焼損するおそれがある。

(例)「てるづき」

40% 450℃ (過熱器出口蒸気) →

第1次緩熱蒸気 (40% 350℃)

第2次緩熱蒸気 (40% 270℃)



2 - 4 図

(2) 構造

緩熱管が蒸気ドラム水部を通るものと、水ドラム内を通るものがある。

10 節炭器 (Economiser)

(1) 機 能

ア 排気ガスの残熱を回収して、給水を予熱する。

(例) 「あやなみ」 110℃ → 140℃

イ 給水を予熱した場合の利点

(ウ) 排気ガスの残熱回収によりボイラ効率を向上させる。

(エ) 冷水を直接ボイラに給水した場合に生じる蒸気ドラム材の局部冷却による不等熱応力を減じ得る。

(2) 構 造

ア 煙路に設ける。

イ 管内を給水、管外を排気ガスが通る。

ウ 熱伝導をよくするためつは付又はひれ付管を用いる。

11 空気予熱器 (Air - heater)

(1) 機 能

ア 燃焼用空気を排気ガス (節炭器通過後の) 又は補助排気の残熱により予熱 (約 120 ~ 160℃) する。

イ 空気を予熱した場合の利点

(ウ) 排気ガスによる場合は、排気ガスの廃熱を回収  
→ ボイラ効率 (良)

(エ) 補助排気による場合は、補助排気の廃熱を回収  
→ ボイラ効率 (良)

(オ) 炉内の燃焼がよくなる (燃焼効率良)  
→ ボイラ効率 (良)

(カ) 炉内温度 (高)  
→ ボイラの循環 (良)

(2) 構 造

ア 排気ガスによるものは

(ウ) 煙路内の節炭器後段に設ける。

(エ) 次の欠点があるので、装備しているのは「ゆきかせ」のみである。

- a 重量 容積が大きい
- b 排気ガスによる腐食，すすの累積等取扱が繁雑で保安上に難がある。
- c 排気抵抗が大きい

## イ 補助排気によるもの

- (ア) 空気入口トランク内に設ける。
- (イ) 排気ガス式の欠点がないので，今後の新造艦に採用される傾向にある。

(例) 「あまつかぜ」

## 12 ボイラ ケーシング

### (1) 機 能

#### ア 断熱効果

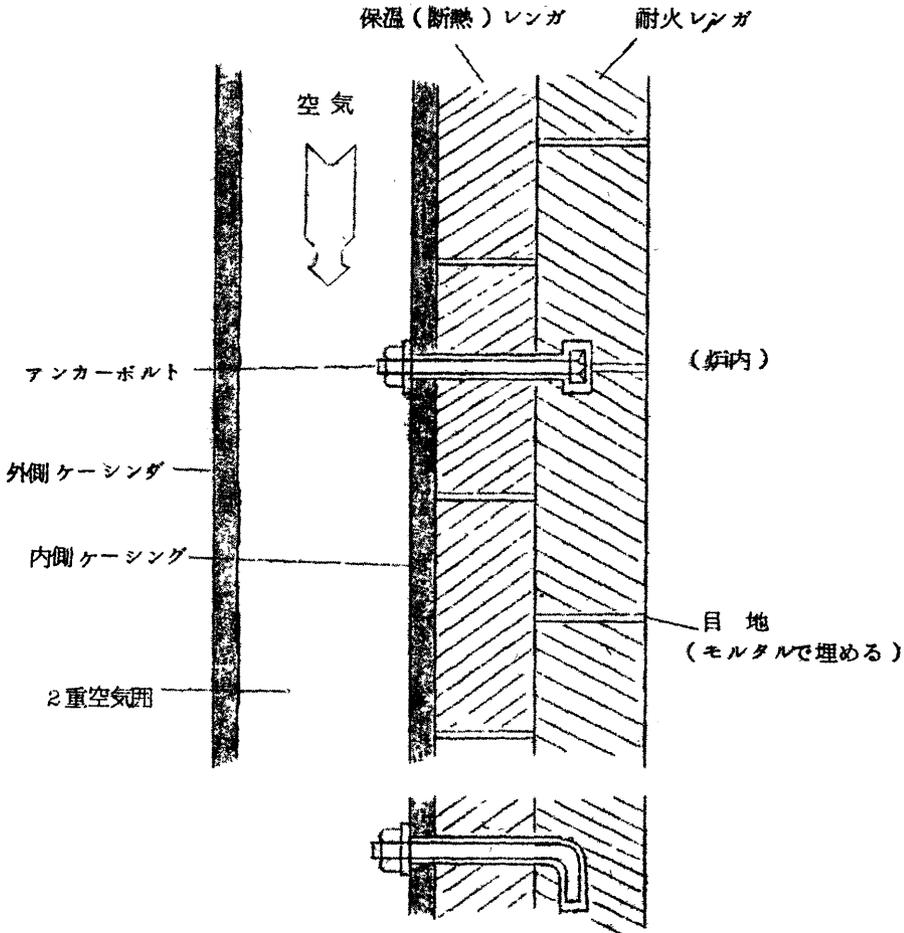
- (ア) 放熱損失(減) — { ボイラ効率(良)  
ボイラ室室温上昇防止
- (イ) 炉内温度(高) — { 燃焼効率(良)  
ボイラ水循環(良)

### (2) 構 造

- ア 炉を形成し 2重になり 外部との間に空気圏とする。
- イ 耐火材と保温材の組合せとする
  - (ア) 耐火材  
耐火れんが，耐火モルタル，プラスチック耐火材，キヤスターブル耐火材
  - (イ) 保温材(断熱材)  
石綿 ハーミキュライト

(参考)

	耐火温度 (℃)	熱伝導率 ( $\text{kw}/\text{mh}^\circ\text{C}$ )
耐火材	1800 ~ 1500	0.18 ~ 0.35
断熱材	850 ~ 1200	0.14 ~ 0.17
空気(20℃)		0.02



2-5 図

13 ドラム内付着品

(1) 給水内管 ( 2 - 6 図 )

ア 蒸気ドラムの水部に配管

イ 側面に多数の小孔をあけて、給水をできるだけ各部均一に放出させる。

(2) 水面吹出し内管 ( 2 - 6 図, 2 - 7 図 )

蒸気ドラム内の基準水面より少し下部 ( 約 5 cm ) に設け、水面に浮遊する不純物を排除する時及びボイラ外にボイラ水の一部を排除する時に用いる。

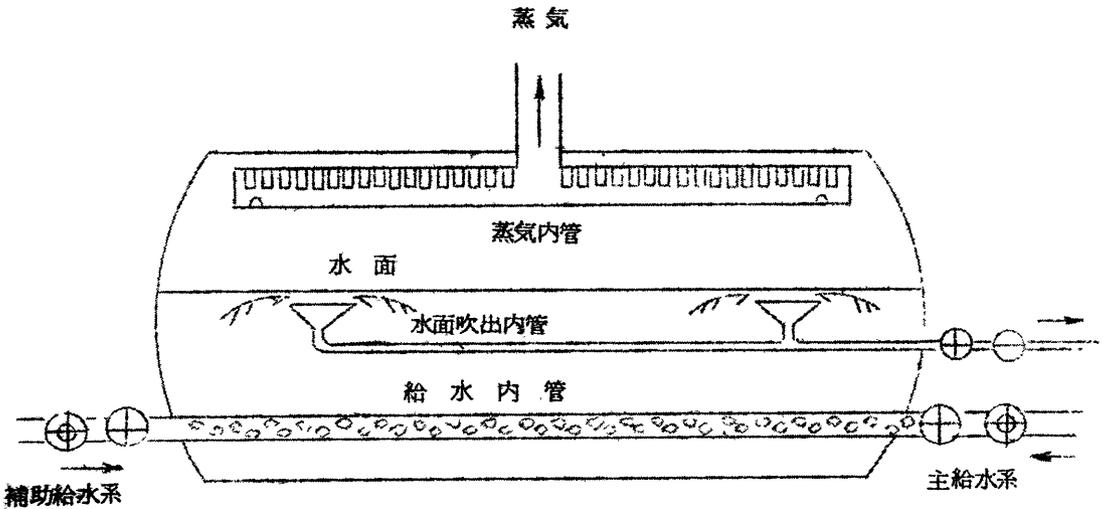
(3) 水底吹出し内管 ( 2 - 7 図 )

ア 水ドラムの最底部に設ける。

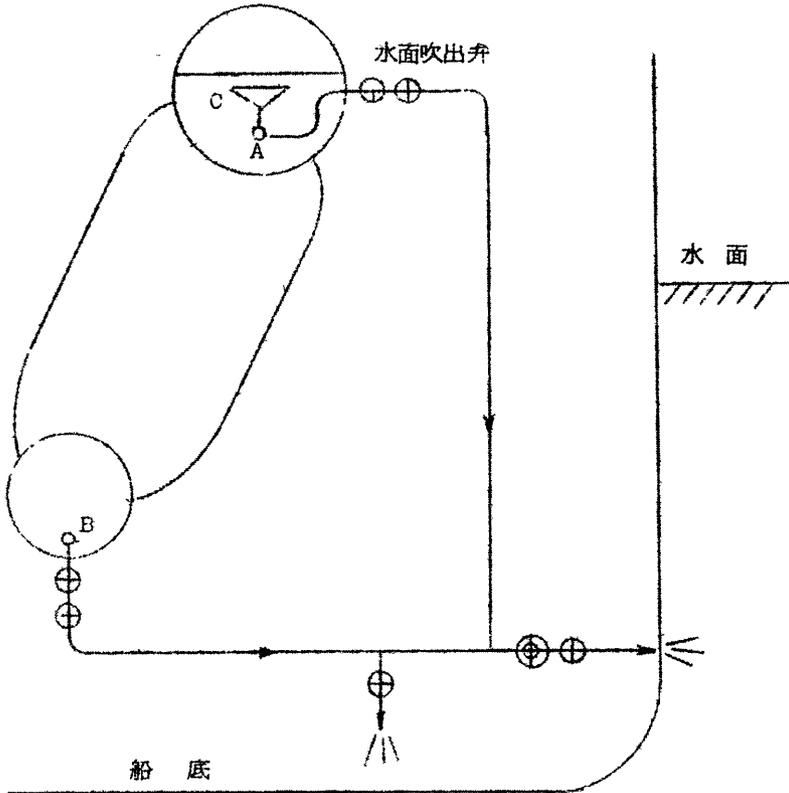
イ 沈でんしたボイラ水中の不純物を排除する時及びボイラ水をボイラ外に排除する場合に用いる。

(4) 蒸気内管 ( 2 - 6 図 )

蒸気ドラム内の蒸気をできるだけ平均かつ取り出す蒸気中の水分をなるべく分離できる構造として、蒸気ドラムの最上部付近に配管する。



2 - 6 図



2.-7 図

A : 水面吹出内管  
 B : 水底 //  
 C : スカム・パン

(5) 気水分離装置

ア 気水分離装置の必要性

㊦ 気水共発 (Carry over) により、ボイラ水及びその溶解固体が蒸気と共にボイラから搬出するのを防止する。

㊧ 気水共発とは

次のような現象によつて、水滴が蒸気中に混入して、ボイラから蒸気とともに水分が搬出せられる現象をいう。

a 水け立ち (Priming)

水面下で発生した気泡が浮上してきて、水面に飛び出す際に周囲の水を蒸気中に飛散させる。

## b 泡立ち (Foaming)

ボイラ水中に油分等が混入した場合、水の表面張力が大きくなるため、水面に泡が生起して、この泡が破裂する際に水滴を蒸気中に飛散させる。

## (ウ) 汽水共発により生ずる影響

a 過熱器管内及びタービン翼に水分中の不純物が析出固着して 効率低下あるいは事故の原因となる。

b 水滴がタービン翼に当たる時の衝撃力により、タービン翼、軸の損傷をもたらす。

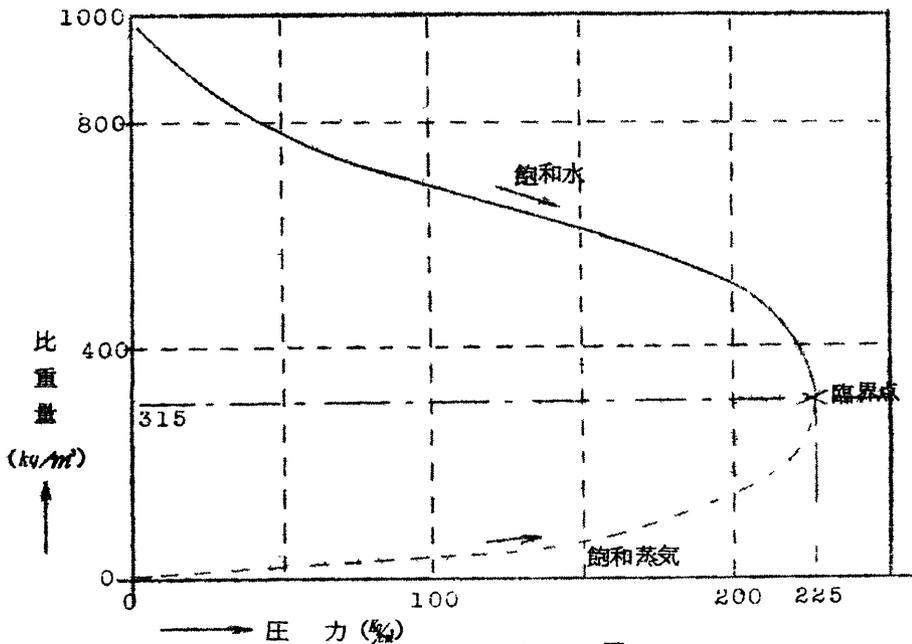
## (エ) 高圧ボイラ

蒸気と水の比重差が小さくなり、汽水共発を生じた場合に汽水分離困難となる。(2-8図)

## イ 機能

(ウ) 水け立ち、泡立ちをなるべく生じない構造とする。→じやま板

(イ) 蒸気中の水分をなるべく分離する構造とする。→セパレーター  
ドライヤー  
じやま板



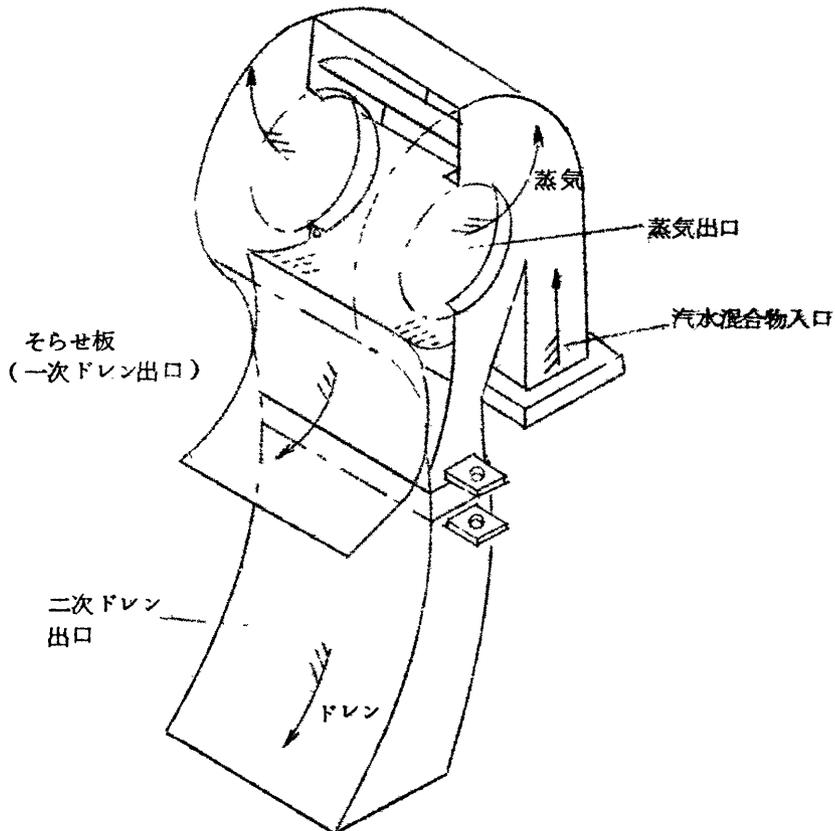
2-8 図

## ウ 構造

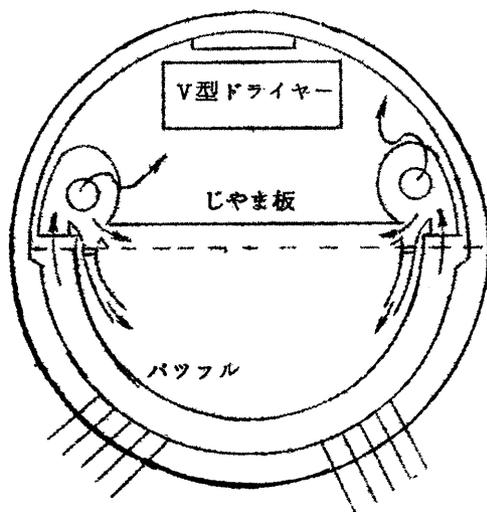
構造には、メーカーにより種々な型式があるがF W型ボイラの分離器についてのべる。

### (ア) 横型サイクロン セパレーター (2-9図)

- a 蒸気分はセパレーター中央開口部から蒸気溜りへ
- b 水分は1次そらせ板から水面へ  
2次そらせ板から水面へ
- c 配 置 (2-10図)



2-9 図



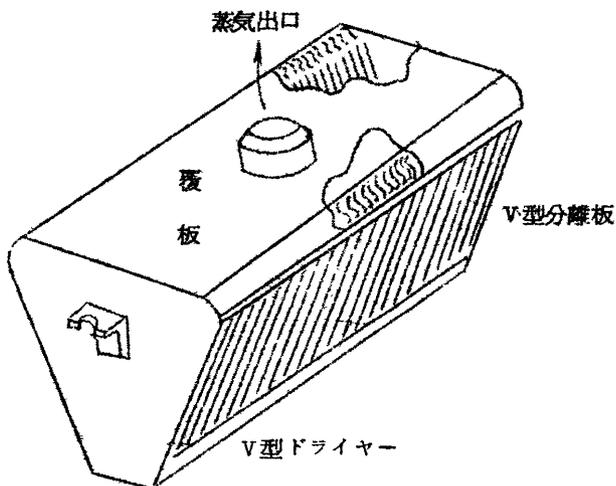
2-10 図

(イ) じやま板

- a 水気立ち，泡立ちによる水滴分離又は防止
- b 艦の横ゆれによる水面の躍り防止

(ウ) ドライヤ (2-11図)

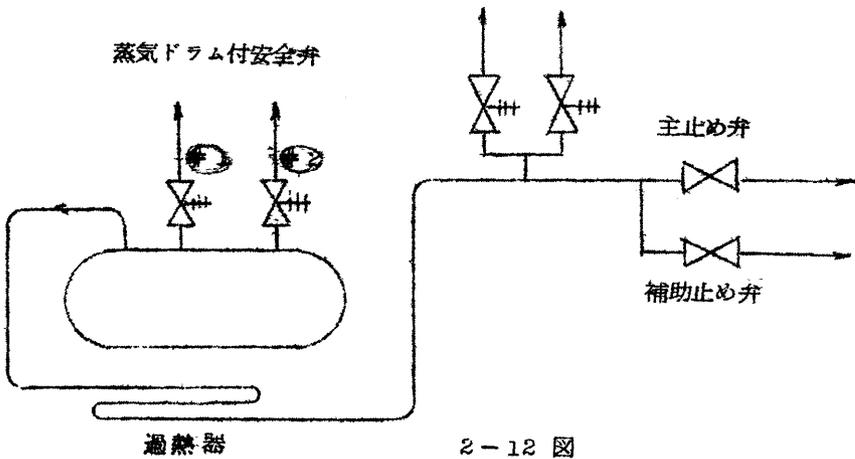
蒸気中の残存水分の乾燥及び水分の分離



2-11 図



図式1例



(イ) 調整圧力

- a 取扱説明書による。
- b 上記のないものは次表（海自達 69号）による。
- c ドラム付安全弁圧力は過熱器付安全弁圧力により大きい。

理由 過熱器の保護

ボイラの種類		調整圧	
過熱器を有しないボイラ	第1弁	使用圧 × 1.05	
	第2弁	上記圧 + 1%	
過熱器付	過熱器付	第1弁	使用圧 × 1.03
	安全弁	第2弁	上記圧 + 1%
ボイラ	ドラム付	第1弁	使用圧 × 1.03 + 0.35% + A
	安全弁	第2弁	上記圧 + 1%
記 事		Aは計画全力状態で過熱器における降下圧	

(ウ) 安全弁の具備すべき条件

- a 直径及び揚程を適当にして、噴出蒸気を完全に逃がすことができること。
- b 蒸気圧が使用圧以下に下つたときは、直ちに噴出を停止すること

c 船体の動よりの影響を受けないこと。

(5) 水面計

ア ドラム付水面計

(ケ) 蒸気ドラムのボイラ前面側に右舷，左舷に各1個宛設ける。

(イ) 型式

a 反射式

ガラス内面 歯状溝→光の乱反射

金属板内面 黒色塗装→光の吸収

照明 灯 水面計の表側から照明

水 部→黒色に見える。

蒸気部→銀色に見える。

b 透視式

ガラス板 2枚

照明 灯 水面計の裏側から照明

(ウ) 水面計の最上端 許容最高水面以下

水面計の中 央 基準水面

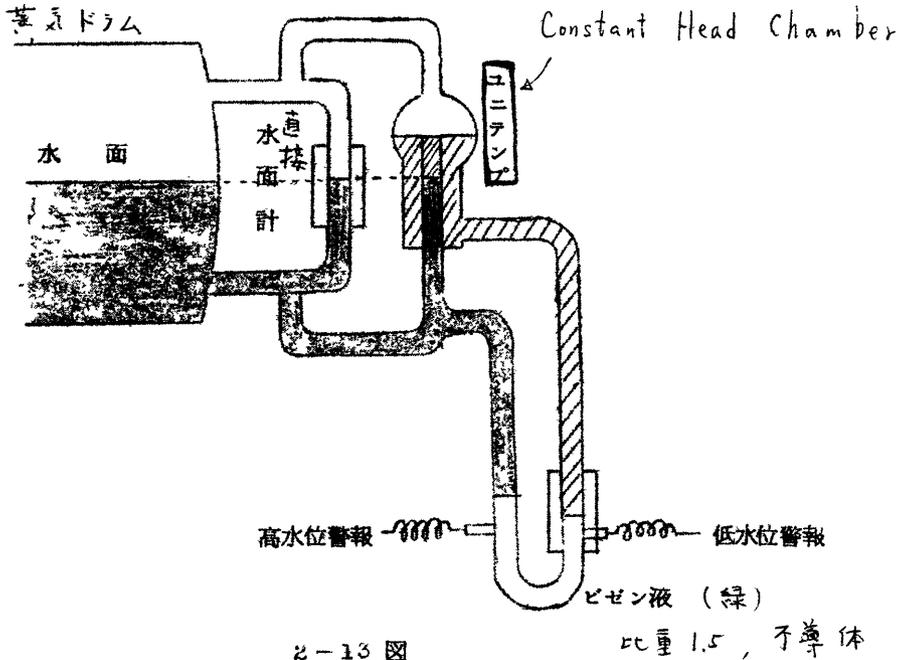
水面計の最下端 許容最低水面以上

イ 遠隔水面計 (2-13図) ----- EYE-HYE式 (「か」)のみヤ-ウエ ↓ 電気式

(ウ) 機能

ボイラ操縦室内で水面を視認できるようにした装置

(イ) 構造及び作動



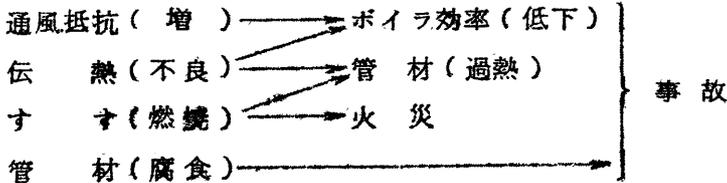
2-13 図

比重 1.5, 不導体

(6) すず吹き装置

ア 機能

蒸発管、過熱器及び節炭器等にすすが堆積すると



等の不都合を生ずるので、定期的蒸気の噴射力 (圧力7~10%)により、ボイラ外部からの操作で堆積したすす等を掃じする装置

イ 構造

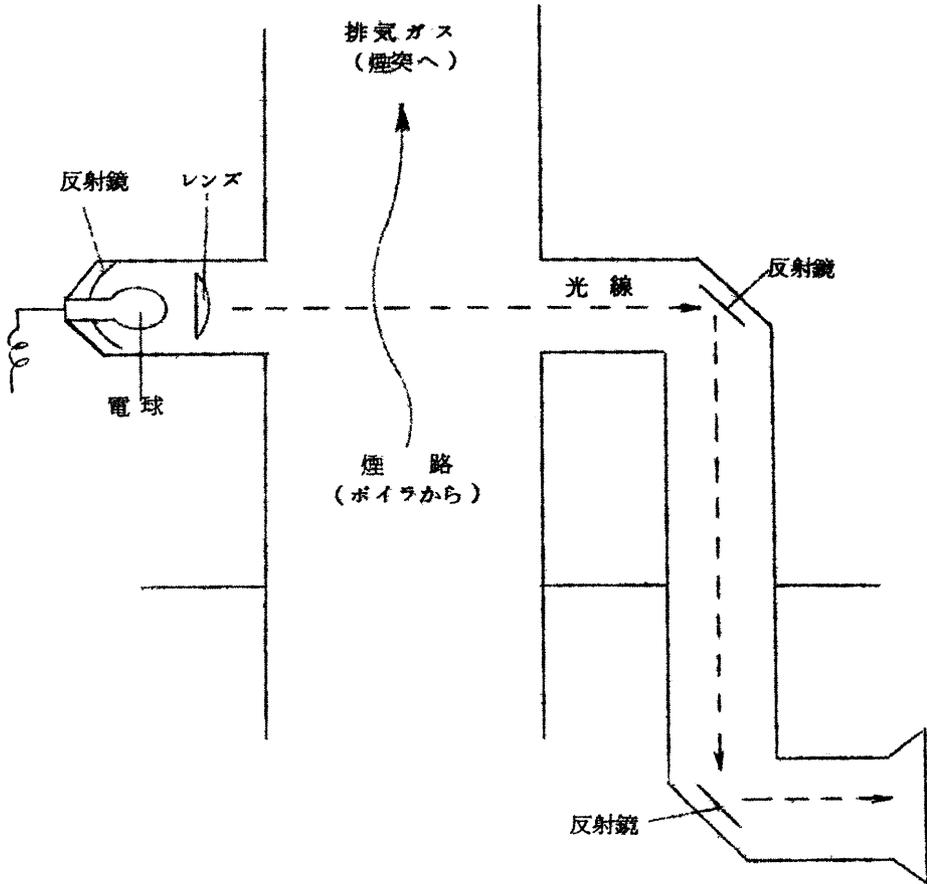
(1) 5~10組を設ける。

(2) すず吹管は管巢内に直角に敷設せられ、側面に多数の蒸気噴射ノズルを設ける。

(3) すず吹き管はボイラ外部から適当な角度回転できる機構になっている。

(7) かん煙器 (2-14 図)

ボイラ室で、煙内の煙の状況を視認できるようにした光学的装置である。

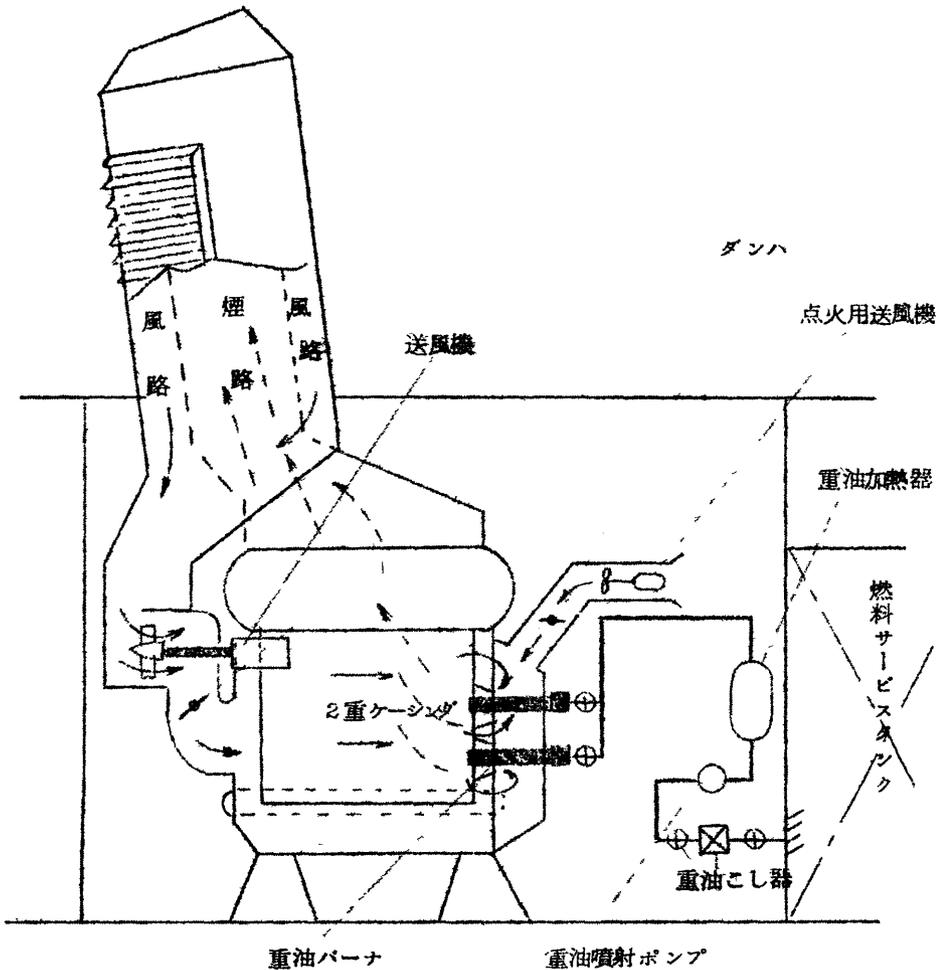
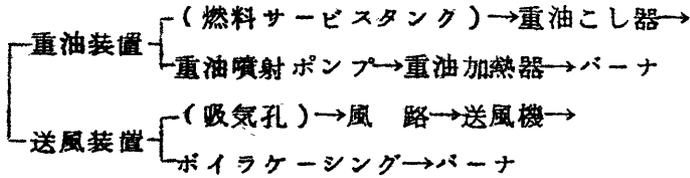


2-14 図

## 第2節 燃 焼 装 置

ボイラの炉内に燃料と燃焼に必要な空気を供給するための装置である。

### 1 構成要素

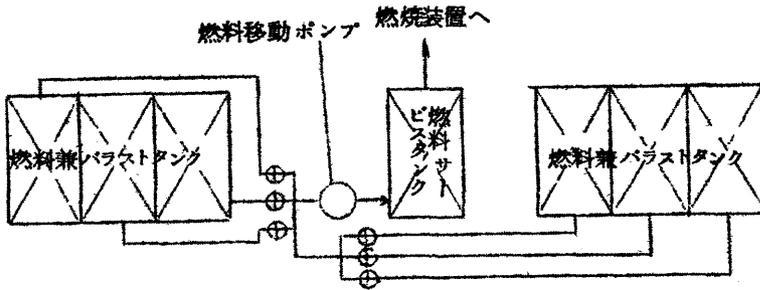


2-15 図

2 各構成要素の機能，構造

(1) 燃料サービスタンク

各ボイラ室に最も近い位置にあり，艦内各所に分散している各燃料兼バラストタンクから燃料移送ポンプでこのタンクに集められたのち，~~重油~~ 装置に供給される。



2-16 図

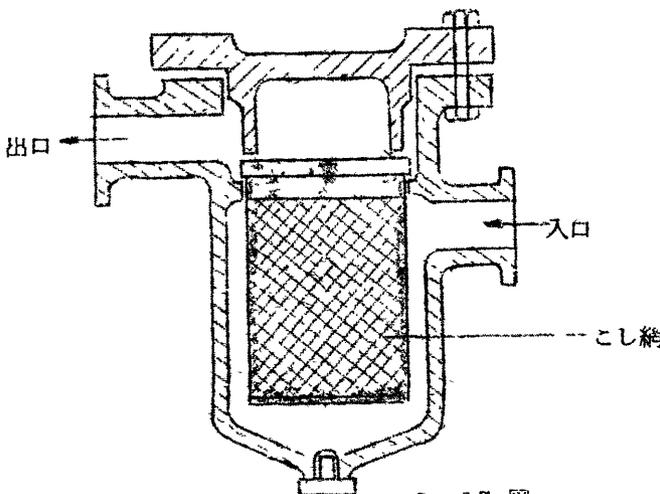
(2) 重油こし器

重油中の不純物（ごみ）をろ過する。

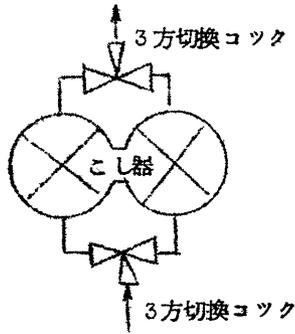
重油ポンプの吸入側に装置される。

円筒形の金網がごみをろ過する。

2個1組で装備され掃じ中も切換ながら連続使用可能としている。



2-17 図



2-18 図

(3) 重油噴射ポンプ

重油噴射ポンプ { 主重油噴射ポンプ  
 巡航重油噴射ポンプ  
 (又は点火用重油噴射ポンプ)

バーナは相当高い圧力でなければ燃料を霧化することができない。  
 重油は粘度が高くしかも温度によつて変化するのでポンプは粘度のいかんによつて影きようをうけるものであつてはならない。  
吐出圧力に脈動があつてはならない。

以上の理由でポンプはねじポンプが用いられる。

ア 主重油噴射ポンプ

点火用又は巡航重油噴射ポンプに比し力量が大きく、ターボ原動機で駆動される。

イ 巡航重油噴射ポンプ

巡航速力以下の力度において使用され、電動機で駆動される。

ウ 点火用重油噴射ポンプ

比較的容量の小さいポンプで巡航重油噴射ポンプを持たない艦に装備される。

電動機によつて駆動される。

# HP『海軍砲術学校』公開資料

各重油噴射ポンプの使用区分はおおむね次の表のとおりである。

ボイラの状態	使用区分	
	主及び点火用を 装備する艦	主及び巡航を装 備する艦
休止状態 → 点火 → 使用圧力	点 火 用	巡 航
巡 航 速 力	主	主
高 速 時		
使用状態 → 休止状態	点 火 用	巡 航

2-1 表

## エ 装備数

ボイラ1基に対し

主重油噴射ポンプ 1基(2基)

巡航重油噴射ポンプ 2基(---)

点火用重油噴射ポンプ (1基)

( )内は巡航重油噴射ポンプがなく点火用重油噴射ポンプを有する艦

## オ ポンプ力量の例

### (ア) きくづき

	容 量 (m <sup>3</sup> /h)	吐 出 圧 (%)
主重油噴射ポンプ	15	73
巡航重油噴射ポンプ	5 × 2 基	〃
全力時における1缶あたりの燃料消費量		9580 kg/h

### (イ) たかなみ

	容 量 (m <sup>3</sup> /h)	吐 出 圧 (%)
主重油噴射ポンプ	8 × 2 基	24.5
点火用重油噴射ポンプ	0.5	〃
全力時における1缶あたりの燃料消費量		5971 kg/h

(4) 重油加熱器

重油噴射ノズルから吐出された燃料をバーナに送る前に加熱し、燃焼しやすい状態にする。

ア 加熱源

減圧蒸気 (10%飽和蒸気)

イ シェルアンドチューブ型

管内 重油

管外 蒸気

ウ 加熱温度

50~70℃ (10%飽和蒸気温度 179℃)

加熱温度をあまり高めすぎるとバーナからの噴霧が微細化されすぎて炉内の奥まで到達しないうちに燃焼してしまうばかりでなく、継手等から室内にもれた場合火災の危険が大きい

参考 重油の引火点 約 90℃

エ 装備数

ボイラ1基に対し2基

別に点火用重油加熱器(電熱)を1基

(5) バーナ

ア 機能

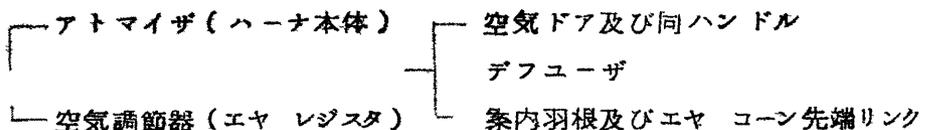
重油を霧化するとともに、旋回力を与え適当な散布帯に噴射する。

アトマイザ

空気にも重油と反対方向の旋回力を与えて油粒との混合をよくするとともに、焰の形状が安定なものとなるよう空気の流れを案内する。

..空気調節器

イ 構成



## ウ アトマイザ

ストレート型、戻り油型、プランジヤ型の三種があるが、国産艦で使用されるのは戻り油型とプランジヤ型の2種である。(PPはストレート型)

### (ア) ストレート型

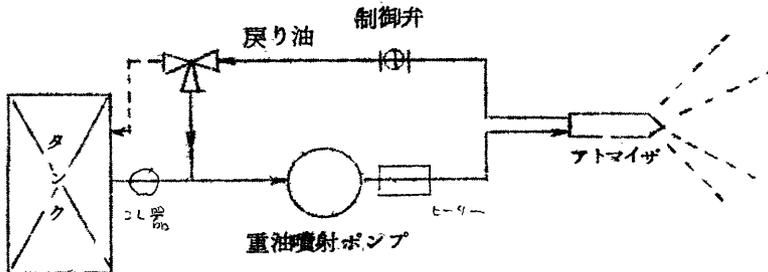
アトマイザにはいつた重油は全部噴射されるようにしたもので、噴射量はアトマイザ入口の重油圧力によつて制御されるため噴射量の制御範囲が狭く噴射量の変化に応ずるため多数のサイズのバーナチップを用意しなければならない欠点がある。



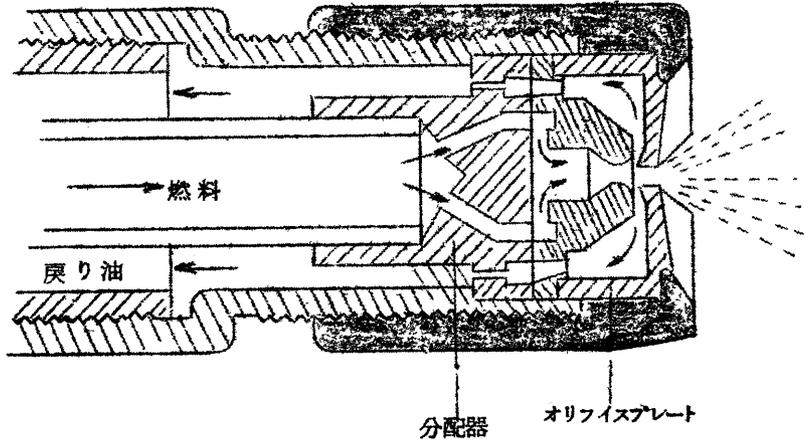
2-19 図

### (イ) **戻り油式**

噴射量は、戻り油圧を加減して制御するもので、アトマイザ内筒の圧力は噴射量に関係なく一定であるので、噴霧の状況も一定で常に最良の状態に保たれる。



2-20 図



2-21 図 戻り油式アトマイザ

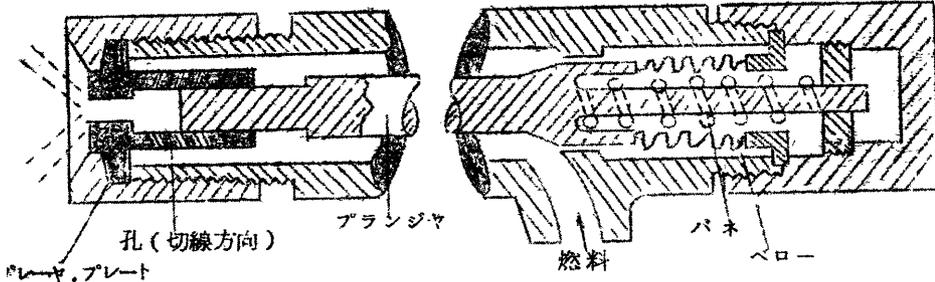
(例) **プランジヤ型**

噴射量は、アトマイザにはいる重油圧力によつて制御され、噴霧は重油の回転エネルギーによつて保たれる。したがつて噴霧の状況は油圧及び噴射量に関係なく一定である。

作 動：重油圧力が増すと

- ・ 圧力の増加量に応じてプランジヤが後退する。
- ・ 噴霧板の開孔数が増す。
- ・ 噴霧量が増す。

2-22 図 広範囲プランジヤ型アトマイザ (B&W)





(6) 空気調節器

ア 空気ドア

空気量の加減

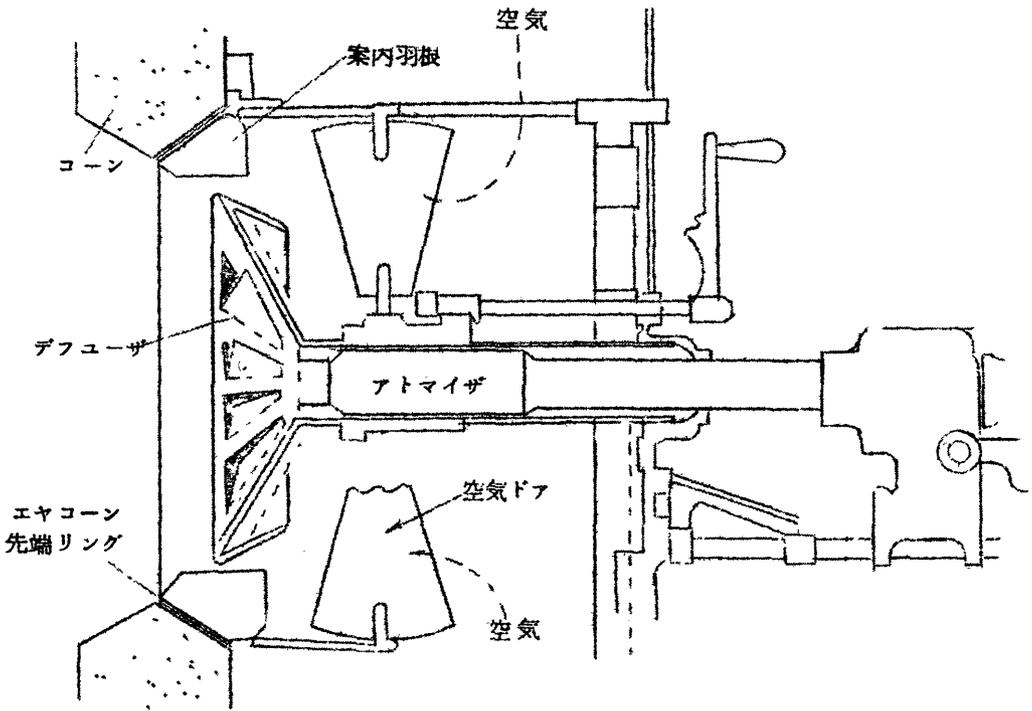
空気を炉内に送り込む場合に旋回力を与える。

イ デフューザ

焰が周囲からの空気流によつて吹き消されることなく、安定した焰として連続燃焼させる。

ウ 案内羽根及びエヤコーン先端リング

炉内に送り込む空気に最終的な旋回力を与えると同時に、焰の形状をととのえるための空気流を形成する。



ヒ-23 図

(7) 送風機

燃焼に必要な空気を艦外から取り入れボイラに送り込む。

ア **主送風機**

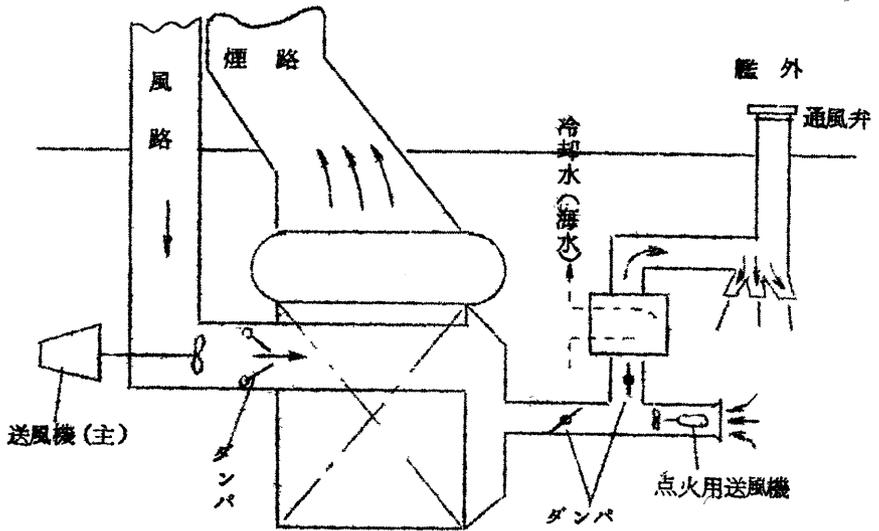
ボイラ1基に対し2台装備される。

ターボ原動機駆動のプロペラ送風機である。

イ **点火用送風機**

- ・ ボイラに蒸気がない状態から点火昇圧する場合に使用する。
- ・ ボイラ1基に対し1台あて装備される。
- ・ 電動機駆動のプロペラ送風機である。

G B A 防御時はダンパを切換えてボイラ室内の密閉循環通風に用いることができる。



2-24 図

### 3 燃焼及び通風

(1) 燃焼とは光及び熱をともなつた急激な酸化反応である。

燃焼に必要な条件

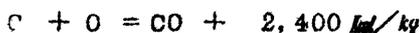
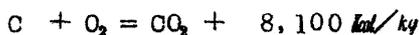
空気又は酸素の供給

着火温度以上の温度

(2) 燃料の発熱量

燃料の組成は C H を主成分として複雑な結合をしたものであり、その燃焼過程も複雑でありまだ明確な理論は行なわれていないが、一般には高級の炭化水素は熱により分解され順次低級の炭化水素となり、それが酸素と結合して最終的には  $H_2O$  と  $CO_2$  になるものと考えられる。

ア 燃焼の反応式



イ 高位発熱量と低位発熱量

(ア) 燃料中に含まれているHはOと結合してH<sub>2</sub>Oとなる。

(イ) われわれの使用するボイラにおいてはH<sub>2</sub>Oは気体のまま排ガスとして捨てられているのでH<sub>2</sub>Oを気化するために必要な潜熱は有効にはならない。

(ウ) 従つて燃料の分析によりその発熱量を算出した場合は、この潜熱もふくまれており、これを高位発熱量といいH<sub>H</sub>であらわす。

(エ) H<sub>H</sub>よりH<sub>2</sub>Oの潜熱を引いたものが低位発熱量であり、実際に利用できる熱量なので真発熱量ともいいH<sub>L</sub>で表わす。

(オ) 従つてH<sub>H</sub>とH<sub>L</sub>の差は800×(Hの量)であらわされる。

ウ 有効水素

(ア) 燃料の主成分はC、Hであるが、その他に多少のS、Oが含まれている。

(イ) 今燃料中に含まれているOは燃焼に参加せず、燃料中のHと化合してH<sub>2</sub>Oになつてしまう

(ウ) そのため水素の一部も燃焼に参加せず、実際に酸素と酸化反応を起し発熱する水素を有効水素という。

(エ) 1kgの酸素と化合して水になる水素の量は $\frac{1}{8}$ kgである。従つて燃料中にOkgの酸素があれば無効の水素は $\frac{O}{8}$ kgとなる。

(オ) 有効水素の量は従つて

$$(H - \frac{O}{8}) \text{ kg}$$

エ 発熱量の計算式

燃料 1 kg 中の成分を

C が C kg

H が H kg

O が O kg

S が S kg

水分が W kg

とすると

$$H_h = 8,100 C + 34,000 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2,500 S$$

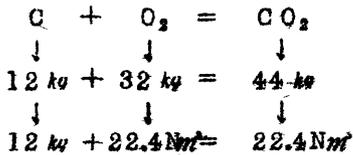
$$H_l = 8,100 C + 29,000 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 2,500 S - 600 W$$

例題

C = 87% H = 10% O = 1% S = 1% W = 1% なる燃料 1 kg の  $H_h$  及び  $H_l$  を求めよ。

(3) 空気量

ア 炭素の燃焼



イ) 必要な酸素量

$$\text{重量} \quad \frac{32}{12} = 2.67 \text{ kg/kg}$$

$$\text{容積} \quad \frac{22.4}{12} = 1.87 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

(4) 必要な空気量

空気の組成

重量  $O_2$  23.2 %       $N_2$  76.8 %

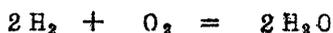
容積  $O_2$  21 %       $N_2$  79 %

炭素 1 kg の燃焼に必要な空気量

重量 2.67 - 0.232 = 11.49 (kg/kg)

容積 1.87Nm<sup>3</sup> - 0.21 = 8.89 (Nm<sup>3</sup>/kg)

イ 水素の燃焼



$$2 \times 2 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 36 \text{ kg}$$



$$4 \text{ kg} + 22.4 \text{ Nm}^3 = 2 \times (22.4) \text{ Nm}^3$$

(7) 必要な酸素量

$$\text{重量} \frac{32}{4} = 8 \text{ kg/kg}$$

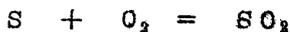
$$\text{容積} \frac{22.4}{4} = 5.6 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

(4) 必要な空気量

$$\text{重量} 8 - 0.232 = 84.5 \text{ kg/kg}$$

$$\text{容積} 5.6 - 0.21 = 26.7 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

ウ いおうの燃焼



$$32 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 64 \text{ kg}$$



$$32 \text{ kg} + 22.4 \text{ Nm}^3 = 22.4 \text{ Nm}^3$$

(7) 必要な酸素量

$$\text{重量} 32 - 32 = 1 \text{ kg/kg}$$

$$\text{容積} 22.4 - 32 = 0.7 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

(i) 必要な空気量

$$\text{重量} \quad 1 - 0.282 = 4.31 \text{ kg/kg}$$

$$\text{容積} \quad 0.7 - 0.21 = 3.33 \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

エ 理論空気量 ( $L_0$ ) の算式

(v) 重量 (kg/kg)

$$L_0 = 11.49 C + 34.5 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 4.31 S$$

(i) 容積 (Nm<sup>3</sup>/kg)

$$L_0 = 8.89 C + 26.7 \left( H - \frac{O}{8} \right) + 3.83 S$$

#### (4) 空気比

理論的に見れば理論空気量により完全燃焼が行なわれるわけであるが実際にはそれ以上の空気を供給している。

実際空気量 ( $L$ ) と理論空気量 ( $L_0$ ) との比を空気比 ( $m$ ) という。

$$m = \frac{L}{L_0}$$

・ 空気比と発煙との関係

$m < 1$             黒煙 (炭素の折出)

$m = 1.1 \sim 1.2$    濃煙

$m = 1.2 \sim 3.0$    無煙

$m > 3$             白煙 (炉内温度低下により未分解の炭化水素が微粒子となつて排出される)

#### 4 自動制御

旧式のボイラでは、燃料、通風量及び給水量の加減は、その負荷に応じてすべて Manual で行なわれていたが、最近では自動制御が採用され人的操作によらなくとも負荷に応じた燃焼度、通風量及び給水量が自動的に管制されるようになった。

(1) 自動制御の目的

- ア 広い範囲の負荷に対し燃焼効率を向上させ燃料の経済をはかる。
- イ 負荷の激しい変動に対しても人的誤差を減少させる。
- ウ ボイラの安全性を向上させる。

## (2) 自動制御装置の具備すべき条件

- ア 一定蒸気圧力を保つ。
- イ 一定水準を維持。
- ウ 空気比を適当にする。
- エ 5～120%負荷で円滑に運転できる。
- オ 最低限の人力操作で運転できる。
- カ 緊急時人力に早く転換できる。

## (3) ACC装置

(Bailey 空気作動式自動燃焼制御装置)

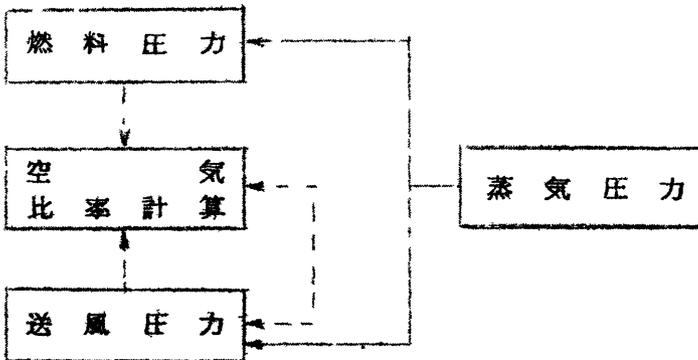
作動原理の概要

100 psia の圧縮空気を作動源とし適宜減圧して信号空気とする。

蒸気圧力を監視し、蒸気圧力の変動を検知し変動のあつた場合にこれを空気圧力の変化にかえ信号を送る。

信号空気圧力の変化をうけて 燃料噴射量と供給空気量(送風機に送り込む蒸気量を加減して送風機回転数を変化させる)

前段階において増減された燃料圧力と送風圧力の比率を計算して、空気圧力を修正する。



2-25 図

## (4) F W C装置（コープス式自動給水制御装置）

### 作動原理の概要

- ・ ボイラの燃焼度に応じて給水量を加減してボイラ水準を一定に保つ。
- ・ A C Cと同じ空気源を減圧して信号空気としている。
- ・ ボイラ水準の変化と蒸気流量の変化を同時に監視し信号空気圧力の変化にかえてボイラの給水弁の開度を管制する。

## (5) 自動制御の将来

現在海上自衛隊で採用されている自動制御は上述のA C C (Automatic Combustion Control) と F W C (Feed Water Control) の2種であるが、これだけではボイラの完全な自動化とは言えない。

上記以外に自動制御すべき要素としては、次のようなものがありこれらボイラ汽髄を一括して自動制御する装置を総称してA B C (Automatic Boiler Control) という。(※印はすでに自動化されているもの)

蒸気温度

重油温度

給水、ボイラ水の性状

※バーナ交換

※煤吹装置

※遠隔水面計