

日立船用 D-F 型遠心清浄機

Hitachi Type D-F Centrifugal Purifier for Marine Service

川崎 光彦*

内 容 梗 概

船用遠心清浄機の性能は主機におよぼす影響が大きく、そのため主機同様重視されている。

特に船用遠心清浄機は取扱容易で構造簡単なこと、および激しい動揺下においても安全運転が可能なが必要である。

日立 D-F 型遠心清浄機はいわゆる分離板型高速遠心清浄機とも称され、回転筒内に多数の分離板を有する高速遠心清浄機であるが、特にその回転機構は簡単で、かつ回転軸部は 1 unit として取扱うことができ、また有効な緩衝機構を有しているため若干のアンバランス下においても運転が可能である。

また動揺下における安全運転に対しては、動揺運転下の発生応力状況、その他の点に関し、十分なる検討が加えられており、理論、実験の両面よりその安全性が確認されている。

またその分離機構、すなわち回転筒は一般に使用されている潤滑油、燃料油用プーリファイヤ回転筒および燃料油用クラリファイヤ回転筒の他に、近時ディーゼル燃料として使用されるようになった粗悪重油用として特に高比重油用プーリファイヤ回転筒があり、それぞれの用途に応じて使用される。

以下本文においてこれらの詳細について述べる。

〔I〕 緒 言

タービン船、ディーゼル船等において使用される潤滑油用および燃料油用遠心清浄機は、それらの性能が主機におよぼす影響が非常に大きく、主機同様に重視されている。

船用遠心清浄機は狭隘な機関室内に据付けられ、限られた少数の人員によつて操作されるから特に床面積も少く、かつ取扱容易で構造簡単なこと、および船の激しい動揺に対しても安全運転が可能なが必要である。

また近時ディーゼル燃料には高比重、高粘度の粗悪重油が使用されるようになってきたので、かゝる場合の燃料油用遠心清浄機に対しては特別な考慮が払われねばならない。

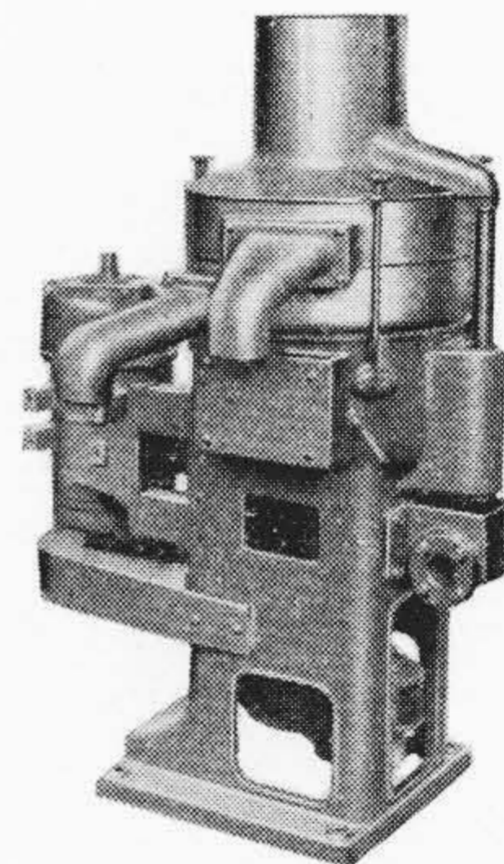
船用遠心清浄機には一般に D 型(分離板型)、および S 型(筒型)の両者があり、日立製作所においてはそのいずれをも製作しているが、次に日立船用 D-F 型遠心清浄機の構造概要、および動揺運転に対する考察、分離機構等について記し、参考に供する次第である。

〔II〕 日立 D-F 型遠心清浄機の構造

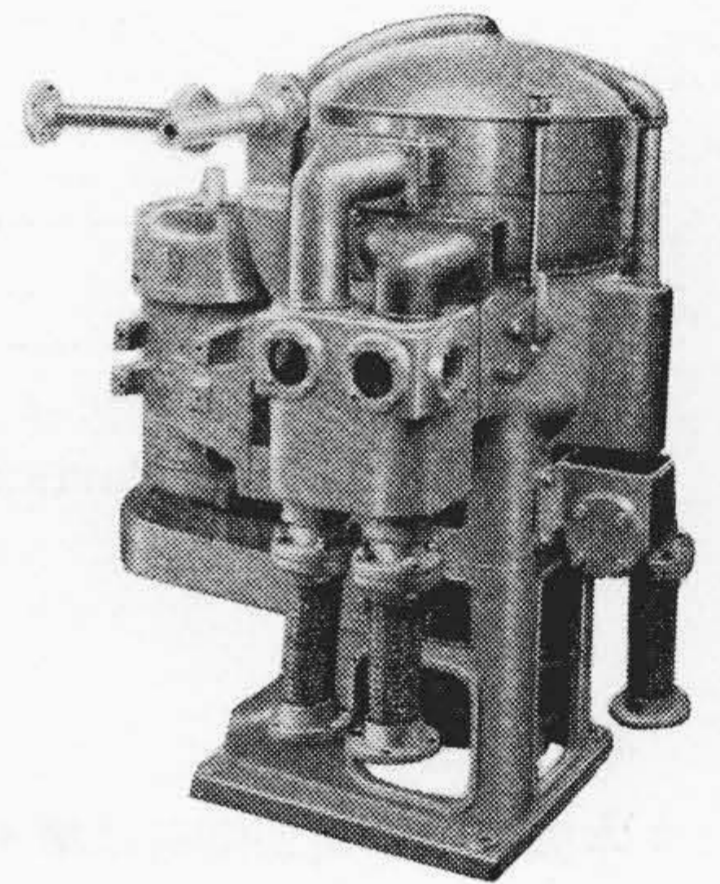
本機は一般に分離板型高速遠心清浄機とも称されている回転筒内に多数の分離板を有する高速遠心清浄機である。

第 1 図に主として潤滑油用として使用される DO-F 型(開放型)、第 2 図に主として燃料油用として使用される DP-F 型(密閉型)、第 3 図には送油用歯車ポンプを直結せる DPG-F 型(密閉型、ポンプ直結式)の外観を示す。直結歯車ポンプはその用途により単式、および複式の場合がある。

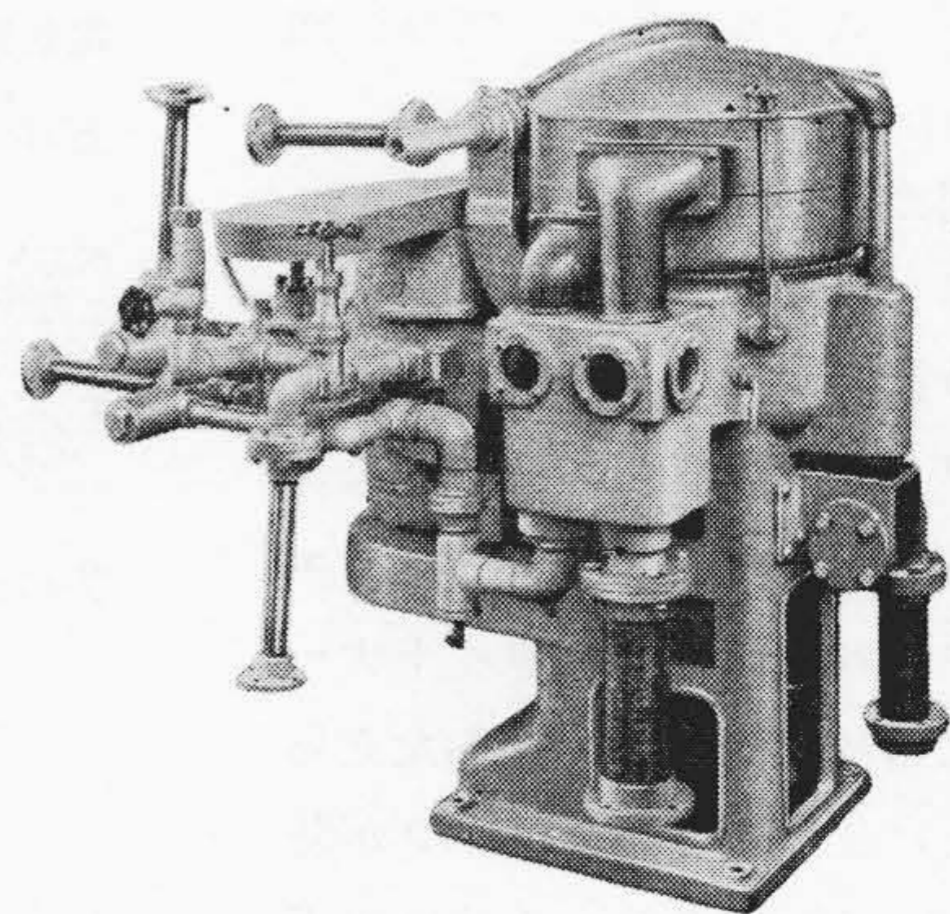
* 日立製作所多賀工場



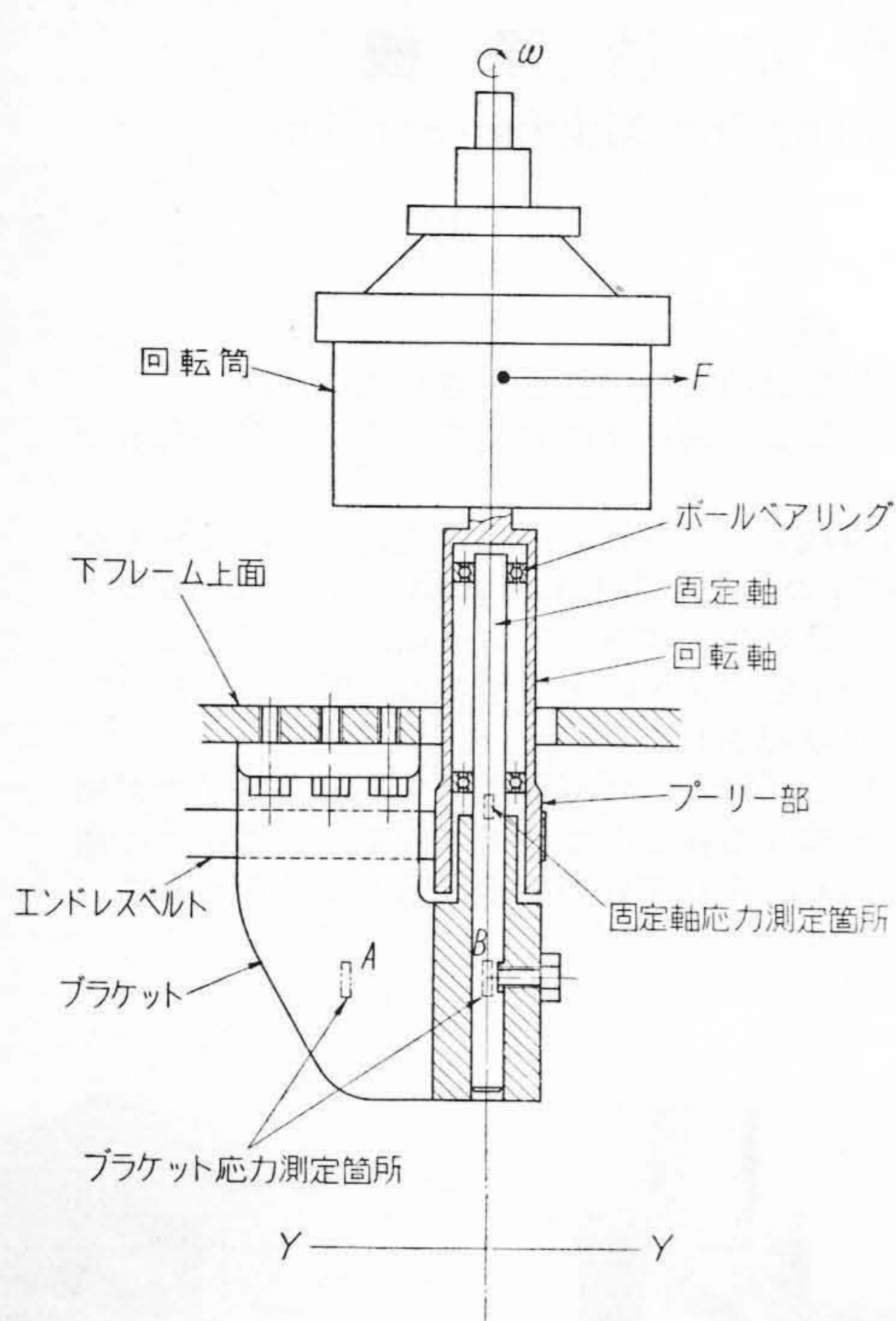
第 1 図
日立 DO-F 型遠心清浄機
Fig. 1.
Hitachi Type DO-F
Centrifugal Purifier



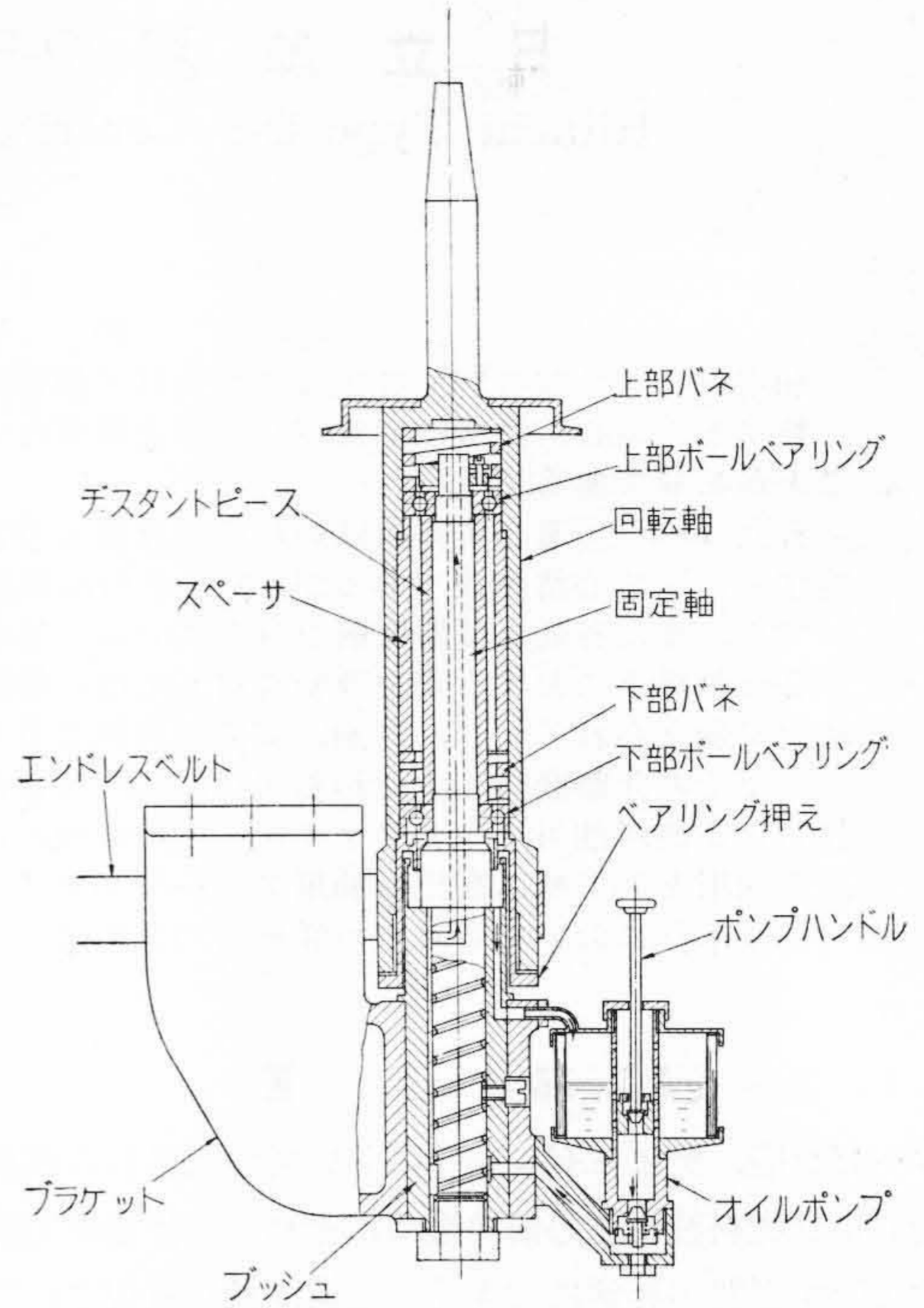
第 2 図
日立 DP-F 型遠心清浄機
Fig. 2.
Hitachi Type DP-F
Centrifugal Purifier



第 3 図 日立 DPG-F 型遠心清浄機
Fig. 3. Hitachi Type DPG-F Centrifugal Purifier



第4図 日立 D-F 型遠心清浄機回転要部
Fig. 4. Principal Parts of Type D-F Centrifugal Purifier

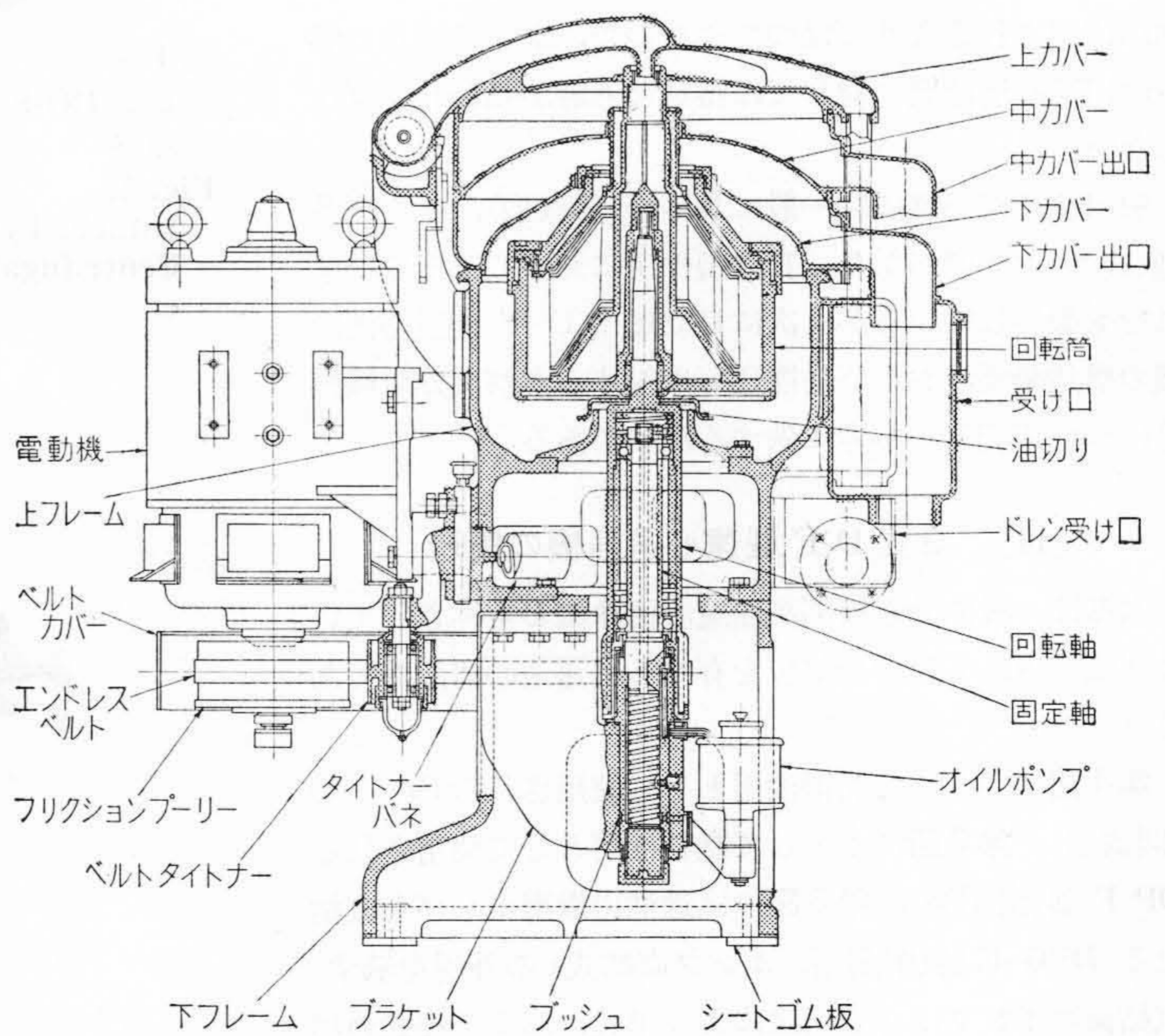


第5図 日立 D-F 型遠心清浄機回転軸部構造図
Fig. 5. Details of Rotating Shaft

(1) 構造

本機の回転要部構造は第4図に示すごとく、下フレームの上方より懸垂したブラケットに固定軸の下部が挿入され、その固定軸に2個のボールベアリングを介して筒状の回転軸が取付けられている。回転軸はその上端に回転筒を支持し、またその下方をプーリー部とし、電動機により直接エンドレスベルトを介して高速回転される。

第5図に回転軸部の詳細構造を、第6図に DP-F 型の全体構造を示す。第6図に示すごとく船用縦型電動機をフレームに直結することにより床面積の減少が計られており、エンドレスベルトはベルトタイトナーによつて常に適当な張力をあたえられることによりベルトスリップが防止されている。ブラケットはエンドレスベルトのループ内を懸垂しているためエンドレスベルトの着脱はブ



第6図 日立 DP-F 型遠心清浄機構造図
Fig. 6. Details of Type DP-F Centrifugal Purifier

ラケットの下方よりよいに行うことができる。

以上のごとく本機の回転機構はきわめて簡単で、かつ回転要部はすべて前述の回転軸部に集約されており、またこの回転軸部は第7図に示すごとく 1 unit として容易にブラケットから取外すことができ、その取扱、点検が容易であることは本機の大きな特長である。

(2) 潤滑法

遠心清浄機の回転軸は高速回転を行うため特に確実、よいな潤滑法が採用されねばならない。本機の回転軸潤滑法は第5図に示すオイルポンプにより行われる。本ポンプの操作によりポンプ内潤滑油は固定軸中央孔を通り回転軸内へ供給され、運転中は遠心力によつて自動的に回転軸内に保持されベアリングの潤滑作用を行う。過剰に軸内へ供給された潤滑油は自動的にポンプ内に流下しこれにより給油の確認を行うことができ、また常に潤滑油の汚損状況を外部より検することができる。

(3) 緩衝機構

遠心清浄機は一般高速回転機と異り、常時使用者によつて主要回転部（回転筒）が分解、組立てられる。そのため組立が若干アンバランスになつても運転が可能ながことが要求され、このため緩衝機構を具備する必要がある。本機においては固定軸が緩衝作用を行うが、次にその主旨を簡単に説明する。

第4図において回転筒のアンバランスにより発生する遠心力 F は固定軸に $F\sin\omega t$ として作用する。この振動系に関する運動方程式は (1) 式のごとく表わされる。

$$M\ddot{x} = F\sin\omega t - Kx \dots\dots\dots(1)$$

- たゞし M = 回転筒質量
- x = 変位
- ω = 回転角速度
- F = 攪乱力の絶対値
- K = 振動系バネ常数

(1) 式より

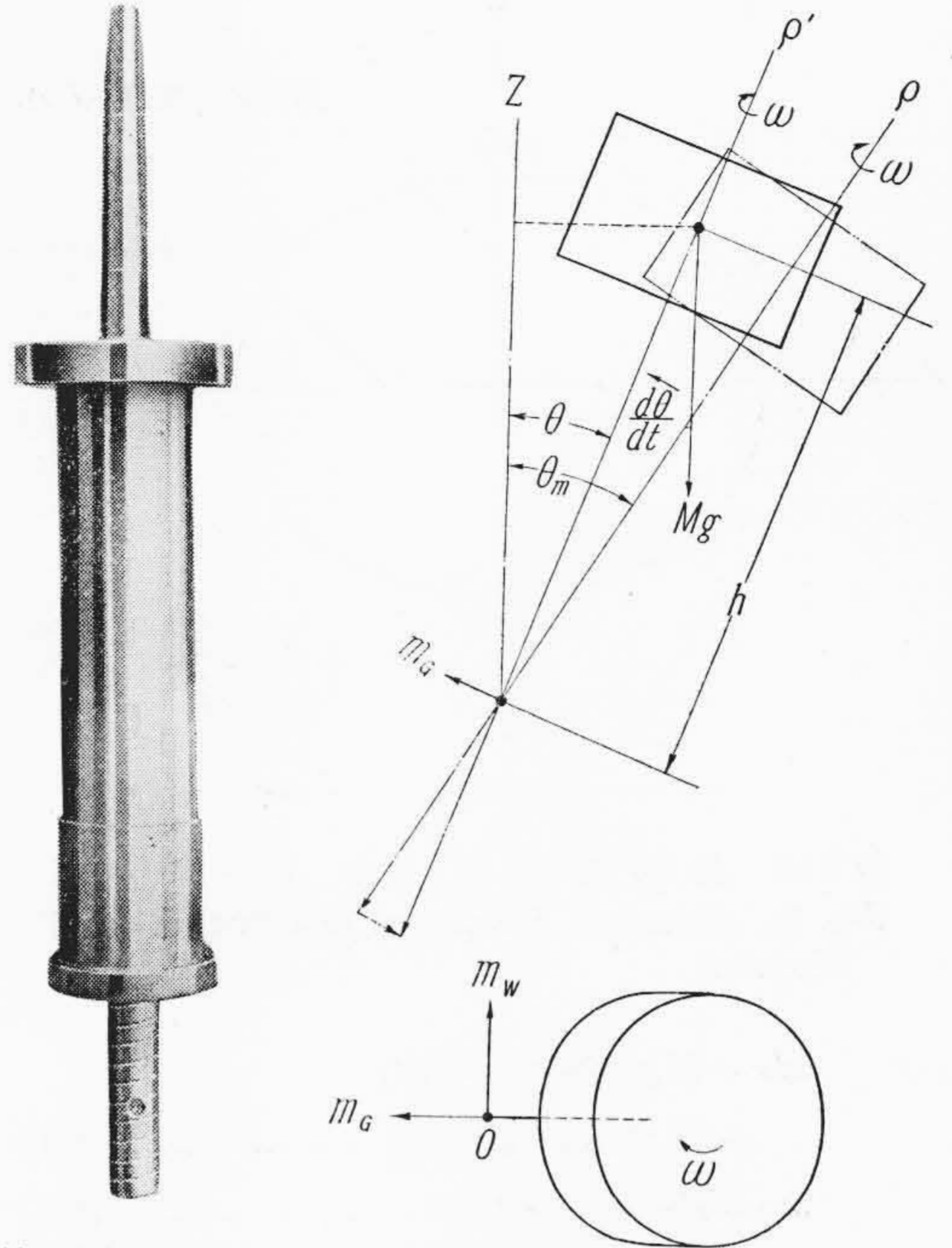
$$x = C_1\cos pt + C_2\sin pt + \frac{F}{K} \cdot \frac{\sin\omega t}{1 - \frac{\omega^2}{p^2}} \dots\dots(2)$$

たゞし $p = \sqrt{\frac{K}{M}}$ = 固有円振動数

したがつて支持部に発生する力 P は

$$P = F \frac{\sin\omega t}{1 - \frac{\omega^2}{p^2}} \dots\dots\dots(3)$$

(3) 式より明かなるごとく、回転系の固有振動数 p を回転角速度 ω より著しく低くすることによつて支持部に発生する力を減じうるので、若干のアンバランス下における運転も可能となる。



第7図
日立 D-F 型
遠心清浄機
回転軸ユニ
ット
Fig. 7.
Rotating
Shaft of
Type D-F
Centrifugal
Purifier

m_w = 重力モーメント
 m_g = チャイロモーメント

第8図 重力モーメントおよび
チャイロモーメントの発生状況
Fig. 8. Occurrence of Gravity
Moment and Gyro Moment

本機においては前述のごとき回転系を採用し、かつ $\frac{\omega^2}{p^2}$ は約 100 程度に計画されており、万一若干のアンバランスが発生した場合においても危険な振動が発生するおそれはない。

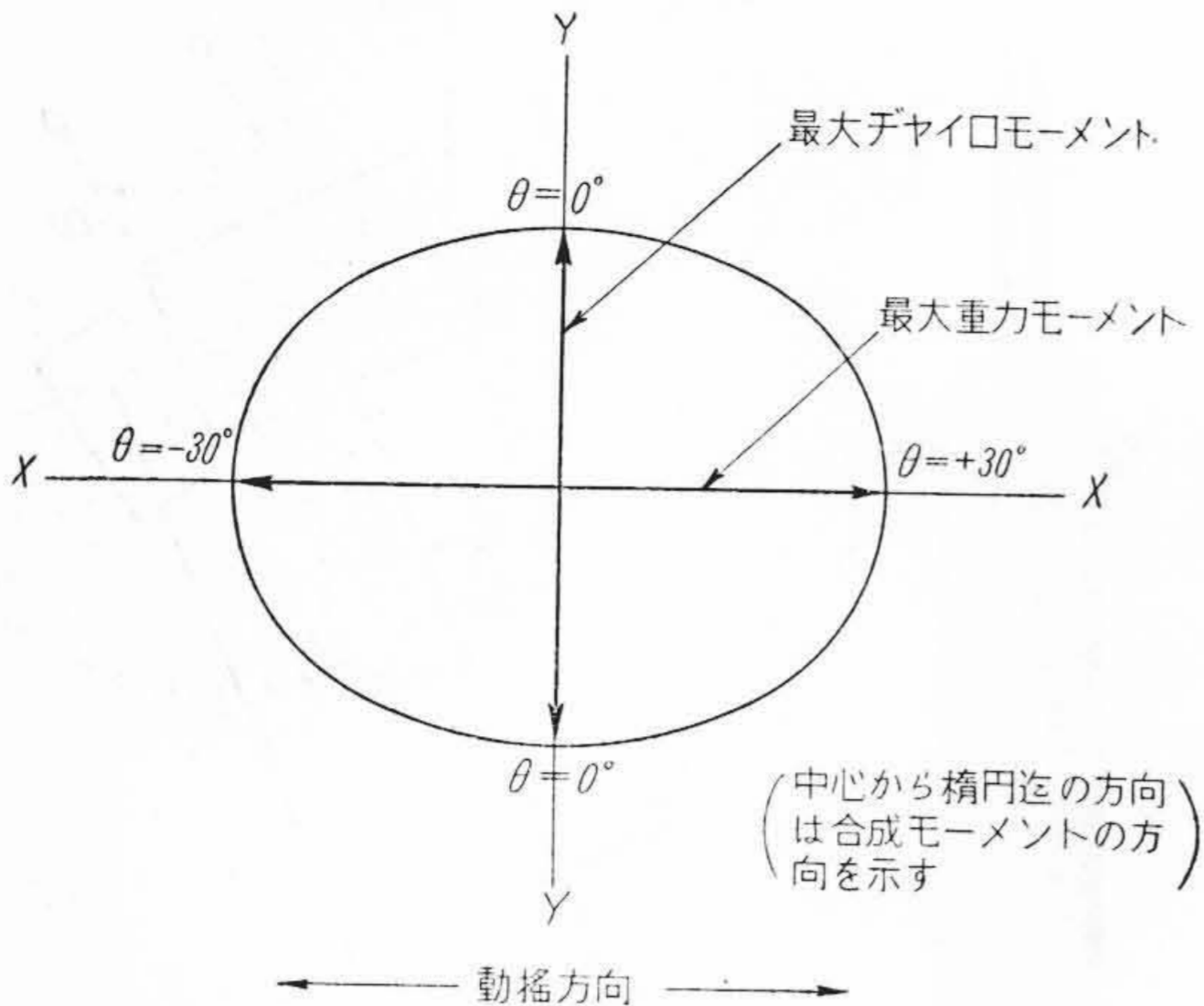
〔III〕 日立 D-F 型遠心清浄機の
動揺運転時の特性

船用遠心清浄機の使用条件が一般陸用遠心清浄機と著しく異なる点は、動揺下において運転が行われることである。

次に本機の動揺運転時特性について記す。

動揺運転時には清浄機の回転軸に「傾斜により生じる回転筒重量による重力モーメント」と「動揺角速度により生じるチャイロモーメント」の両者が発生し、軸を曲げるとく作用する。

第8図に示すごとく動揺する場合固定軸下端に生じる重力モーメント m_w 、およびチャイロモーメント m_g は (4) (5) 式のごとく表される。



第9図 動揺とモーメントとの関係
Fig. 9. Relation Between Oscillation and Moment

$$m_w = Mgh \sin(\theta_m \sin \Omega t) \Rightarrow Mgh(\sin \theta_m) \sin \Omega t \dots\dots\dots (4)$$

$$m_G = I\zeta \cdot \omega \cdot \theta_m \cdot \Omega \cdot \cos \Omega t \dots\dots\dots (5)$$

- ただし M = 回転筒質量
- h = 回転筒重心より軸下端迄の長さ
- θ_m = 最大傾斜角
- Ω = 動揺周期
- $I\zeta$ = 回転筒慣性モーメント

両者のモーメント方向は互に直角方向に発生するため動揺運転中は第9図に示すごとく両者の合成モーメントが作用する。

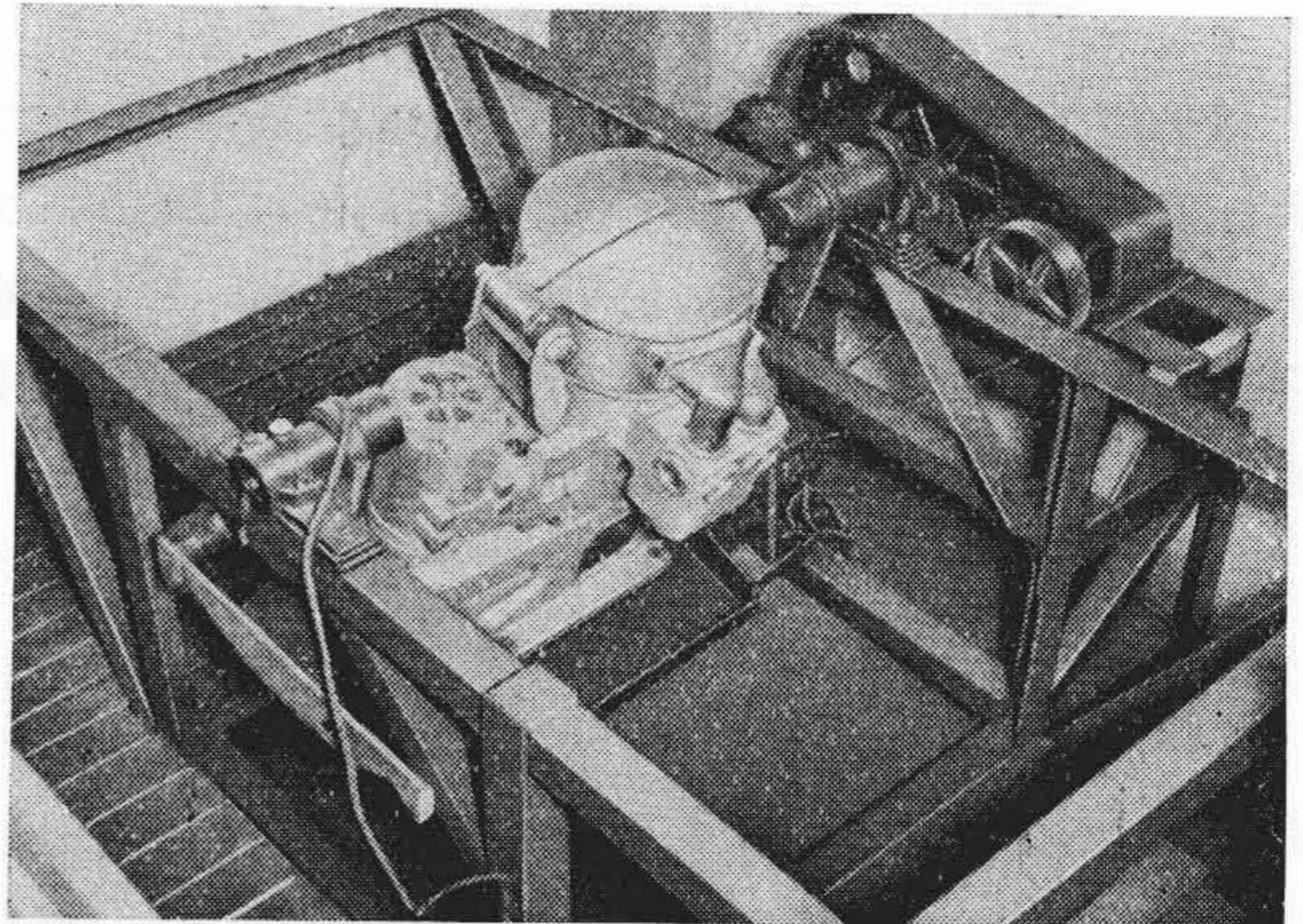
(1) 動揺運転時における発生応力

前述のモーメントにより回転軸部に発生する応力が過大な場合は安全運転に支障を生じる。本機の構造は前述のごとく回転軸部全体が一本の固定軸で支持され、かつこの固定軸は下フレーム上方より懸垂したブラケットで支持されている。そのため動揺運転時には固定軸下端、およびブラケット部に最大応力が発生することとなるが、本機においては特にこの応力値を低く計画してあり、動揺運転時においても十分なる安全性を有する。

第10図に示すごとく動揺試験装置による動揺運転下の応力発生状況の実測値を第11図に示す。実測値に示すごとく発生応力は最大 4.2kg/mm² でその値はきわめて低く、動揺下においても十分安全な運転ができることがわかる。

(2) 動揺運転時における回転筒の動き

以上のごとく動揺運転のため生じる応力はきわめて低いものであるが、動揺運転に対する安全性についてはさらに回転筒動きについても検討を要する。すなわち動揺運転時において回転筒の動きが大なる場合には回転筒は



第10図 日立 DP-F 型遠心清浄機動揺試験
(最大傾斜 $\theta_m = 30^\circ$
動揺周期 $\Omega = 3$ 往復/分)

Fig. 10. Oscillation Test of Type DP-F Centrifugal Purifier

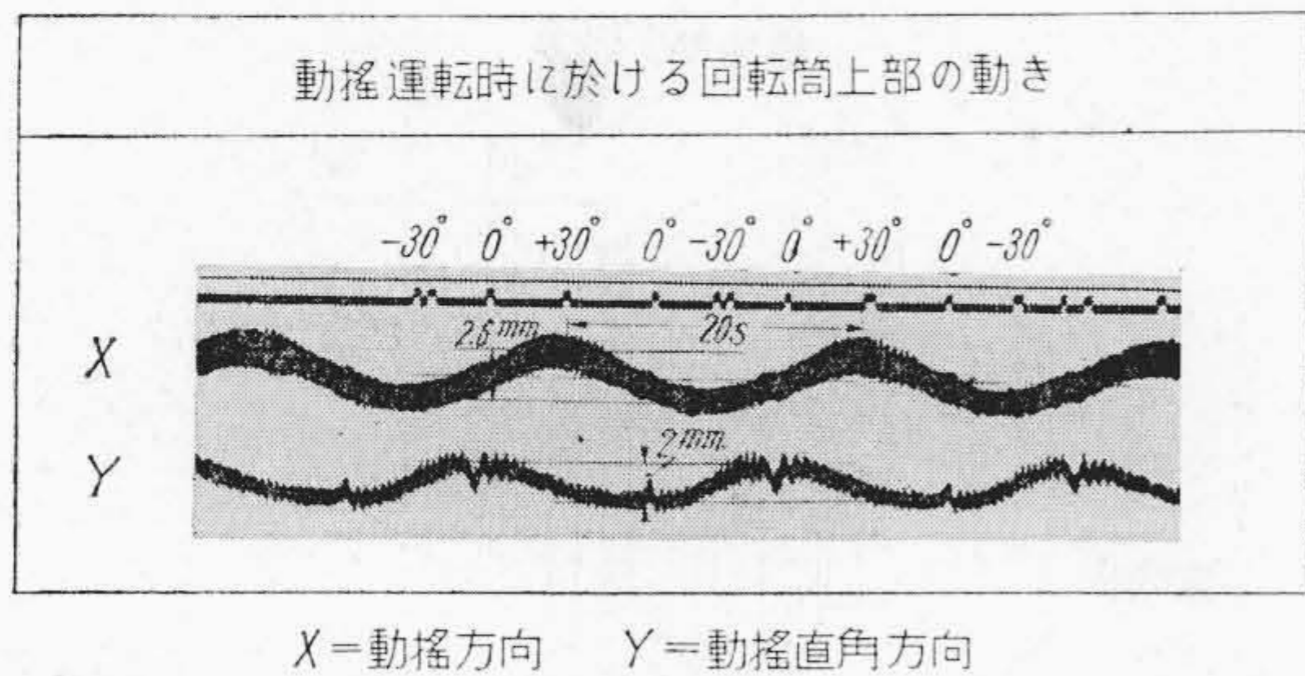
	運転条件	応力発生状況
固定軸下端部発生応力	起動時	
	定置運転時	
	動揺運転時	
ブラケット A 部発生応力	起動時	
	定置運転時	
	動揺運転時	

1) 応力測定箇所は第4図参照
2) X..... 動揺方向
Y..... 動揺直角方向

第11図 固定軸およびブラケット応力発生状況
Fig. 11. Stress in Fixed Shaft and Bracket

受液カバー等の静止部に接触し、自励的振動を発生することとなる。

回転筒動きは前述のモーメントにより生じるもので、したがって発生モーメントより直ちに判断できるものではあるが、第12図に本機の動揺運転時回転筒動きの実測値を示す。図に示すごとくその最大片寄りには 1.3 mm で



第12図 動揺運転時における回転筒上部の動き
Fig. 12. Movement of Bowl Top in Oscillating Operation

本機はこの動きに対し十分な余裕を持つて、回転筒と静止部間に空隙が設けられている。

〔IV〕 日立 D-F 型遠心清浄機の回転筒

次に本機の分離機構部、すなわち回転筒について説明する。

船用遠心清浄機は潤滑油清浄用、および燃料油清浄用の二途に使用されるが、その分離清浄原理に関しては本質的な差異はなく、したがって回転筒構造も大差はない。しかし近時ディーゼル燃料として使用されるようになった粗悪重油用のものについては高比重油分離用として特別な考慮が払われねばならない。

日立 D-F 型遠心清浄機には潤滑油、燃料油用プーリファイヤ回転筒と、燃料油用クラリファイヤ回転筒、および高比重油用回転筒がある。

以下これらの構造、分離現象等について説明する。

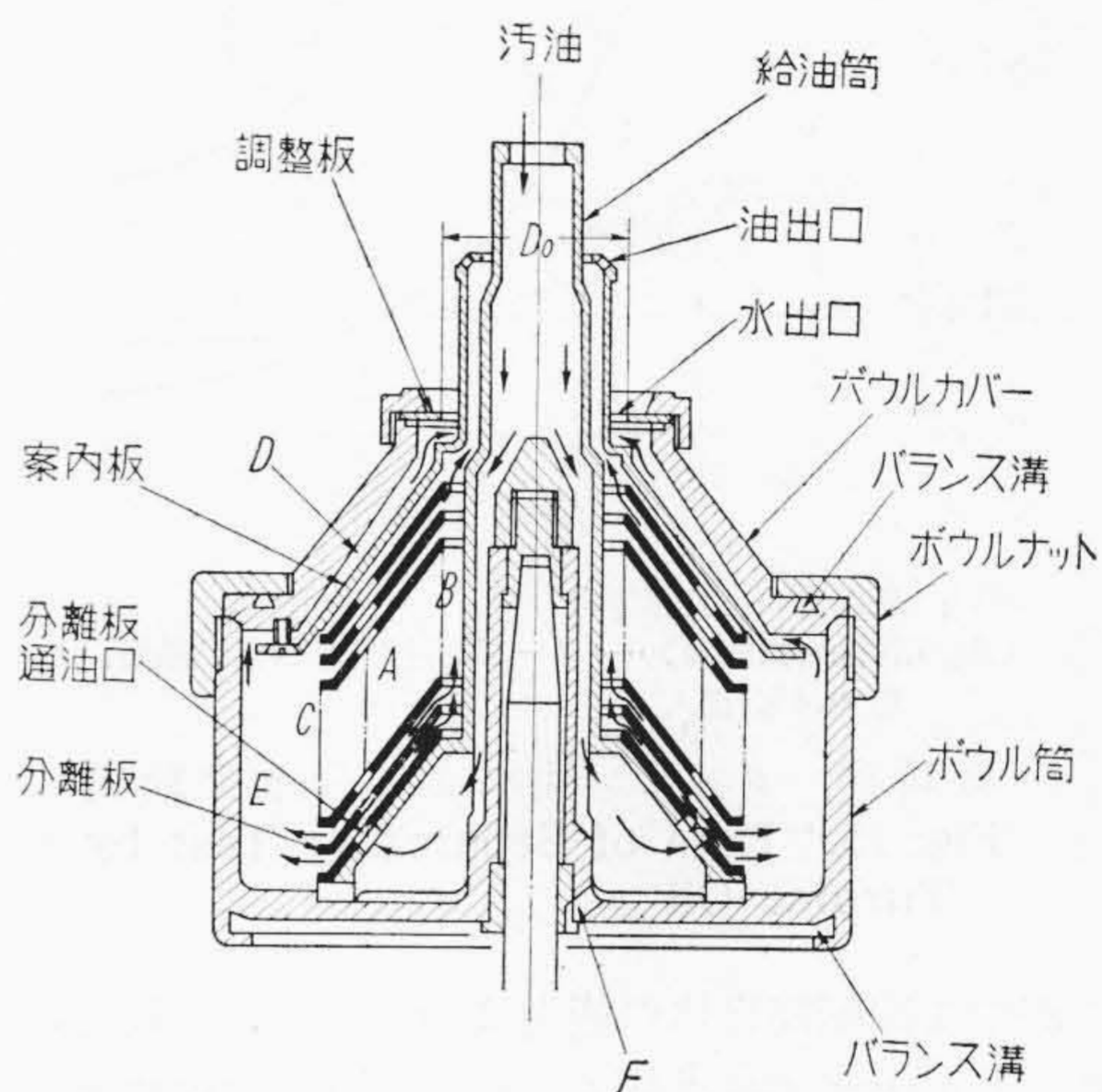
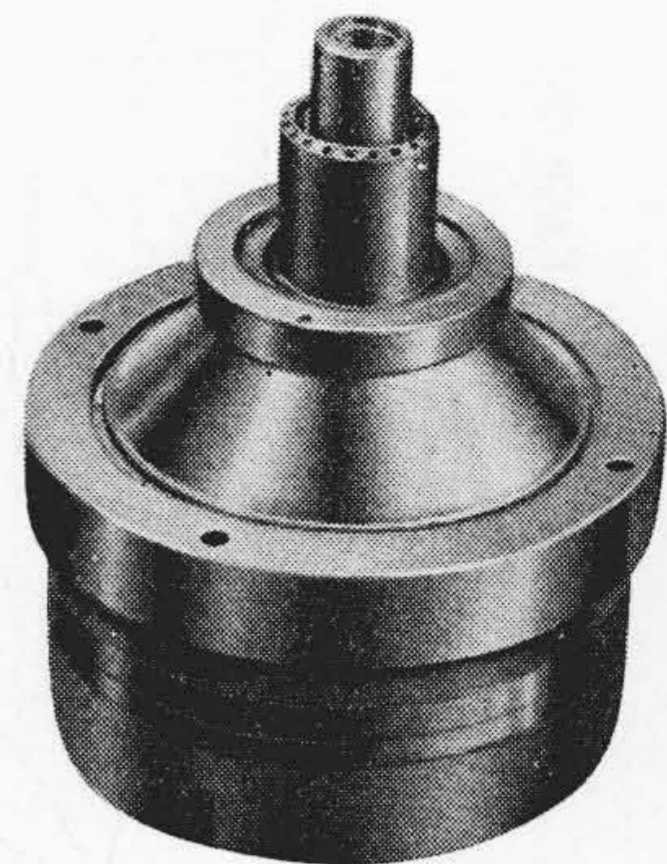
(1) 潤滑油、燃料油用プーリファイヤ回転筒

第13図に潤滑油、燃料油用プーリファイヤ回転筒の外観を、第14図にその構造を示す。図に示すごとく、ボウル筒内に給油筒、分離板、案内板等を蔵し、ボウルカバーとともにボウルナットで締付けて組立てられる。案内板とボウルカバーは常時はネジで一体とされており、取扱の便が計られている。ダイナミックバランスはボウルカバー上面、およびボウル筒底面のバランス溝においてとられているが、上面バランス溝は運転中は常にボウルナットにより覆れており、そのため永年の使用においても熔着されたバランスウェイトが遠心力のため飛び出すというような心配は全くない。

汚油は図に示すごとく給油筒上部より給油筒内へ供給され、分離板通油口より分離板層中に入り、重液(水)は外方へ、軽液(油)は内方へ分れ、それぞれ分離板中を並行に流れる。油側は分離板 A, B を流れる間に混入している水分、および固形物(スラッジ)が分離除去され、また水は分離板 A, C を流れる間に混入油分が分離除去され、水通路Dを通り水出口より吐出される。油中より除

第13図 潤滑油、燃料油用プーリファイヤ回転筒

Fig. 13. Purifier Bowl for Lubricating Oil and Fuel Oil



第14図 プーリファイヤ回転筒構造図

Fig. 14. Details of Purifier Bowl

去されたスラッジは空室Eにたまり、分離に悪影響はあたえない。中心部の孔Fは停止時に回転筒内の液が自動的に排出されるためのものである。

(2) 回転筒の分離能力

日立 D-F 型遠心清浄機回転筒の処理量と清浄限界との関係は(6)式により表わされる。

$$Q = 0.665 \cdot \frac{d_1 - d_2}{\rho} \cdot a^2 \cdot \omega^2 n (R_A^3 - R_B^3) \dots (6)$$

ただし Q = 単位時間当りの処理量

ρ = 油の絶対粘度

ω = 回転角速度

d_1 = 不純物の密度

d_2 = 油の密度

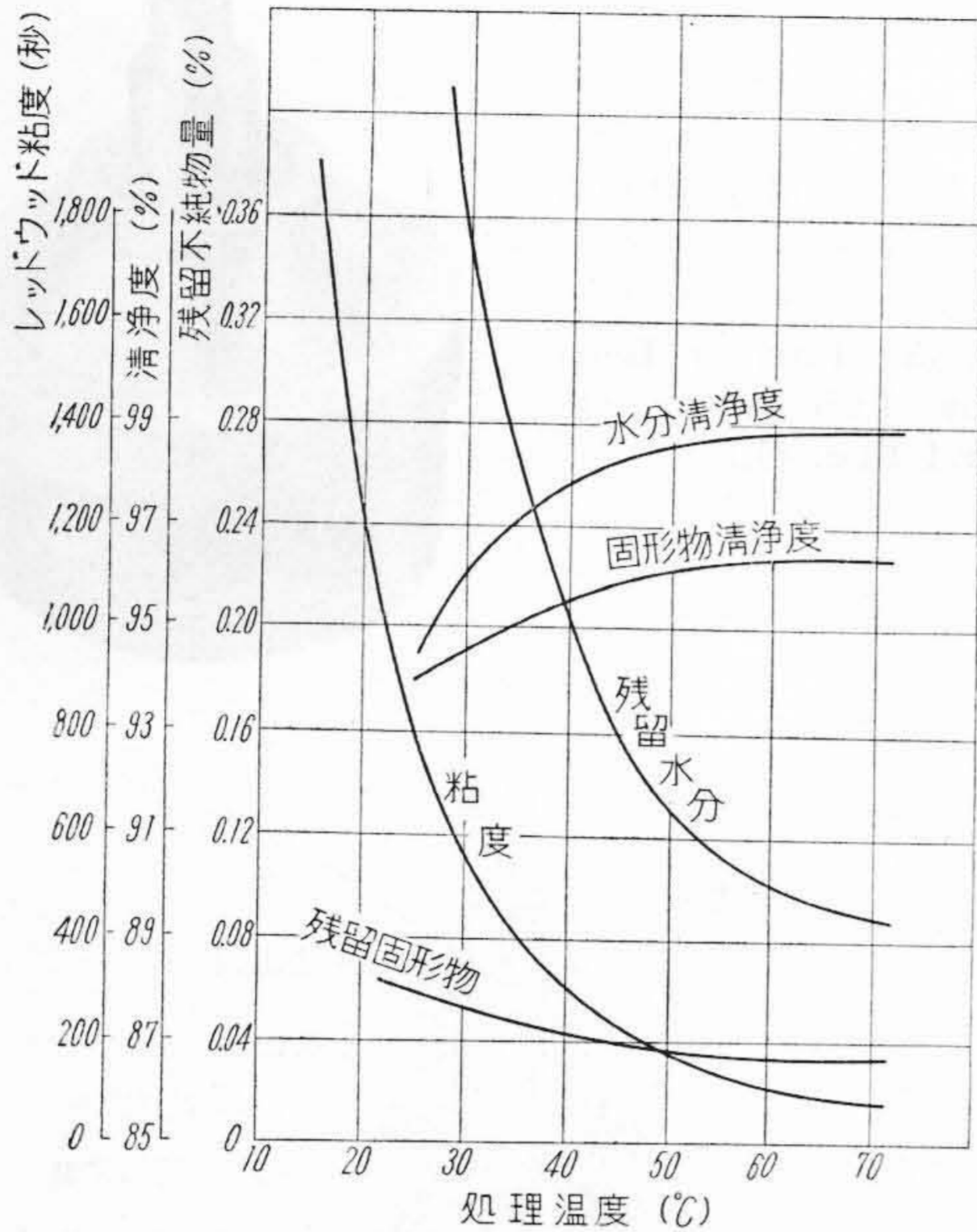
a = 不純物粒子の半径

R_A = 分離板通油口位置半径

R_B = 分離板内端半径

n = 分離板枚数

(6) 式中 $\frac{d_1 - d_2}{\rho}$ は処理される油により決定されるもので、また a は要求される清浄度を意味するものである。



(1) 処理量……公称能力
(2) 汚油 (処理油)……タービン油に水 10%, 黒鉛, トノ粉 0.4% 混入

第15図 タービン油による分離実験例
Fig. 15. Data of Separating Test by Turbine Oil

したがって回転筒自体の能力は(6)式からこれらの項目を除いたもので表わされる。また実際使用状態では回転筒の振動状態, 分離板の平滑度等の影響が加味される。

第15図にタービン油による本機の清浄実験結果の一例を示す。

またこのプーリファイヤ回転筒においては第16図に示すごとく使用時油層, 水層の境界面を生じ, 連続処理が行われるためには回転筒内において前記の層が圧力バランスを保つ必要がある。図に示すごとく案内板の上部は水のみで充満し, 下方は水および油で充満している。

したがって案内板の上下面における遠心力による液圧は(7)式に示すごとく釣り合う。

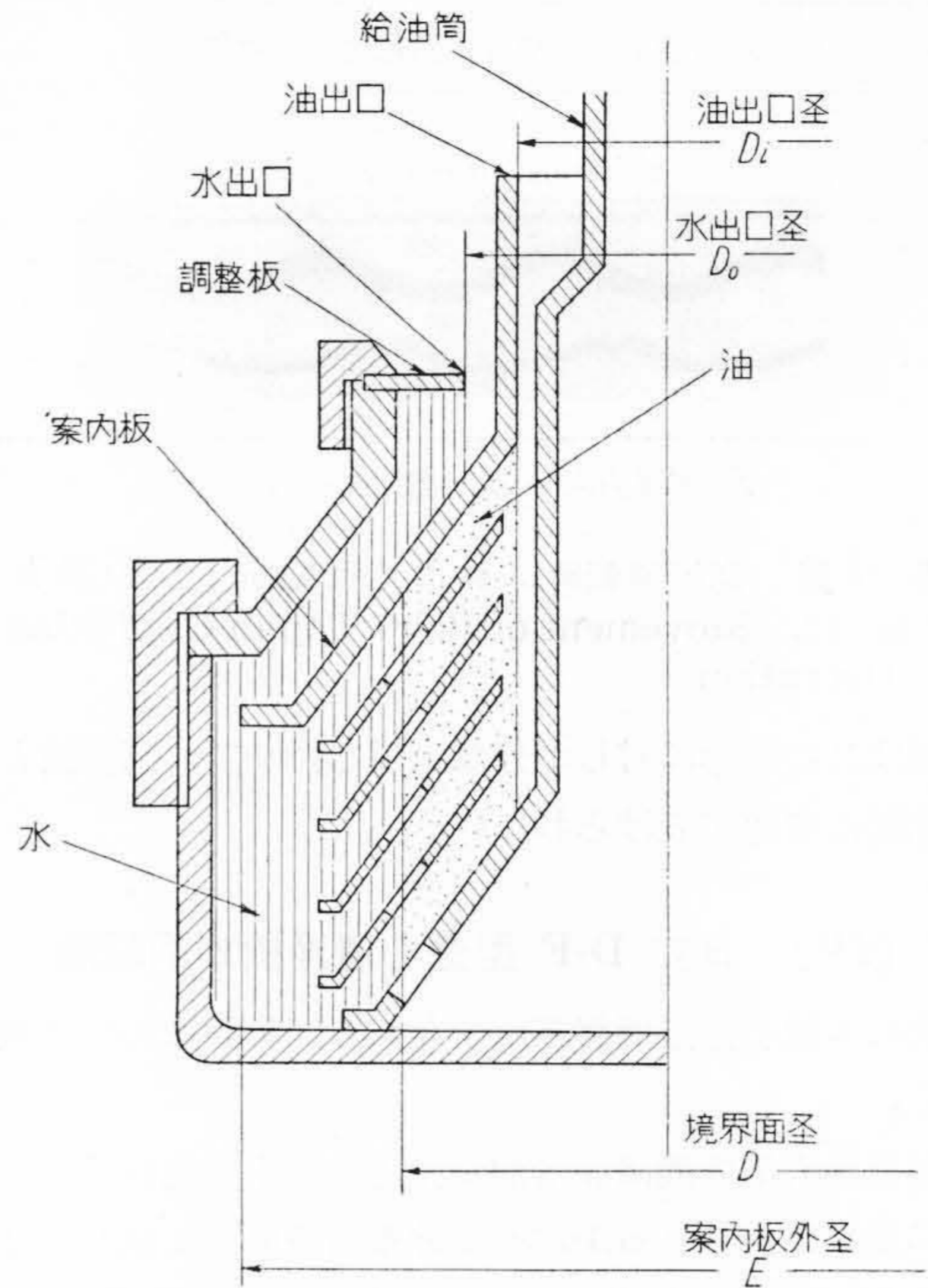
$$\int_{\frac{D_0}{2}}^{\frac{D}{2}} \frac{\rho_0}{g} \omega^2 R \cdot dR = \int_{\frac{D_i}{2}}^{\frac{D}{2}} \frac{\rho_i}{g} \omega^2 R \cdot dR \dots (7)$$

ただし D = 境界面径 D_0 = 水の出口径
 D_i = 油の出口径 ρ_0 = 水の比重
 ρ_i = 油の比重

したがって

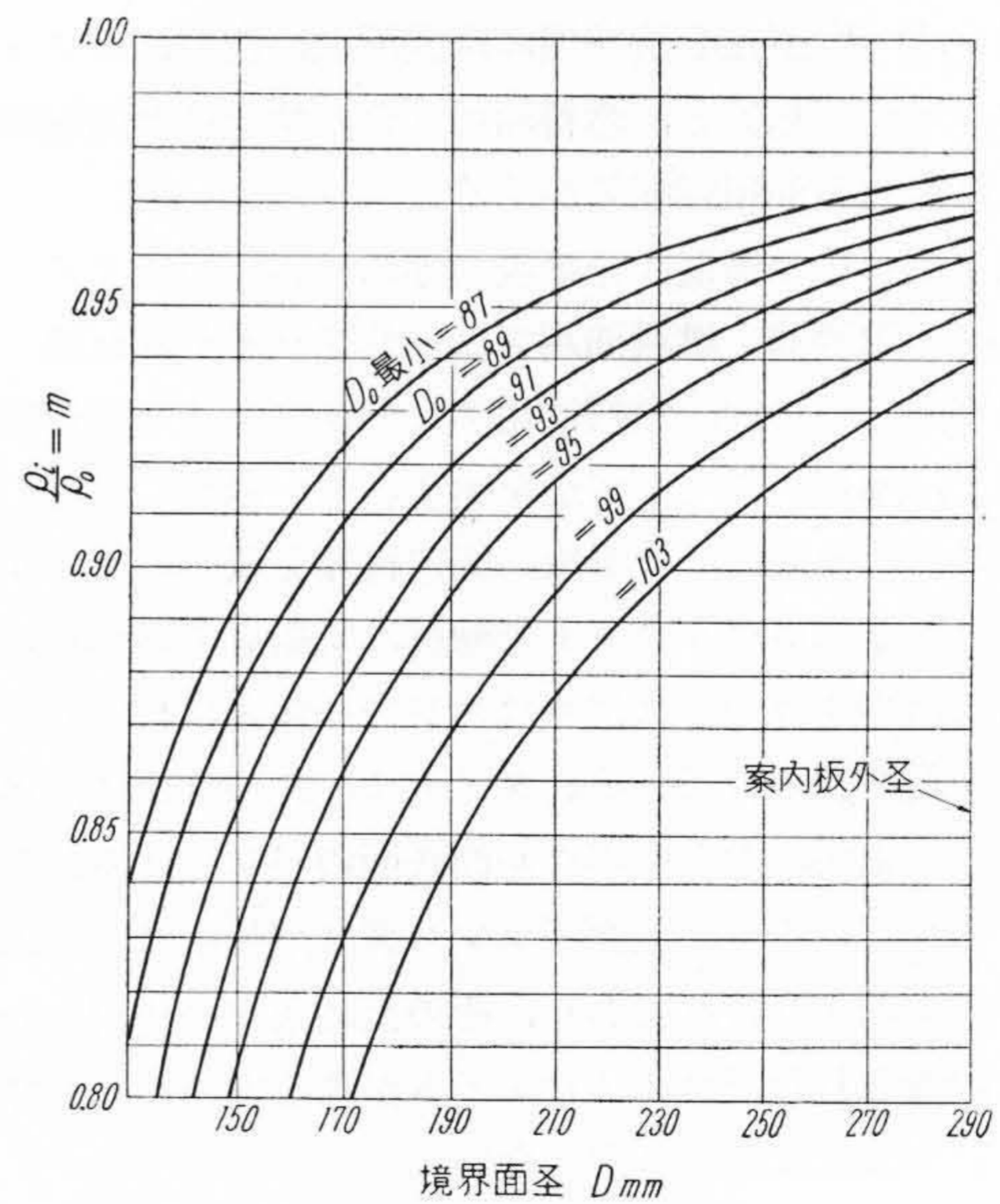
$$D = \sqrt{\frac{\rho_i D_i^2 - \rho_0 D_0^2}{\rho_i - \rho_0}} \dots (8)$$

$\frac{\rho_i}{\rho_0} = m$ とすれば



第16図 プーリファイヤ回転筒における液圧バランス

Fig. 16 Pressure Balance in Purifier Bowl

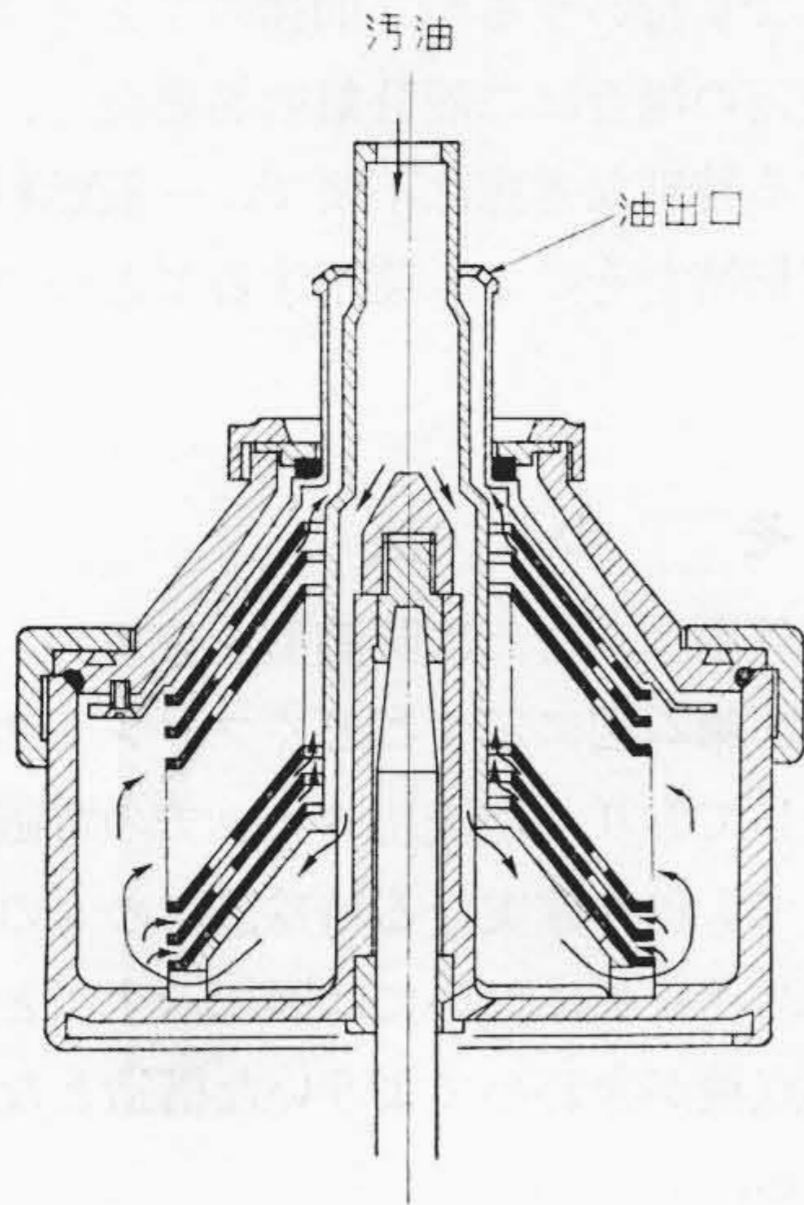


第17図 プーリファイヤ回転筒における m, D_0, D 関係曲線の一例

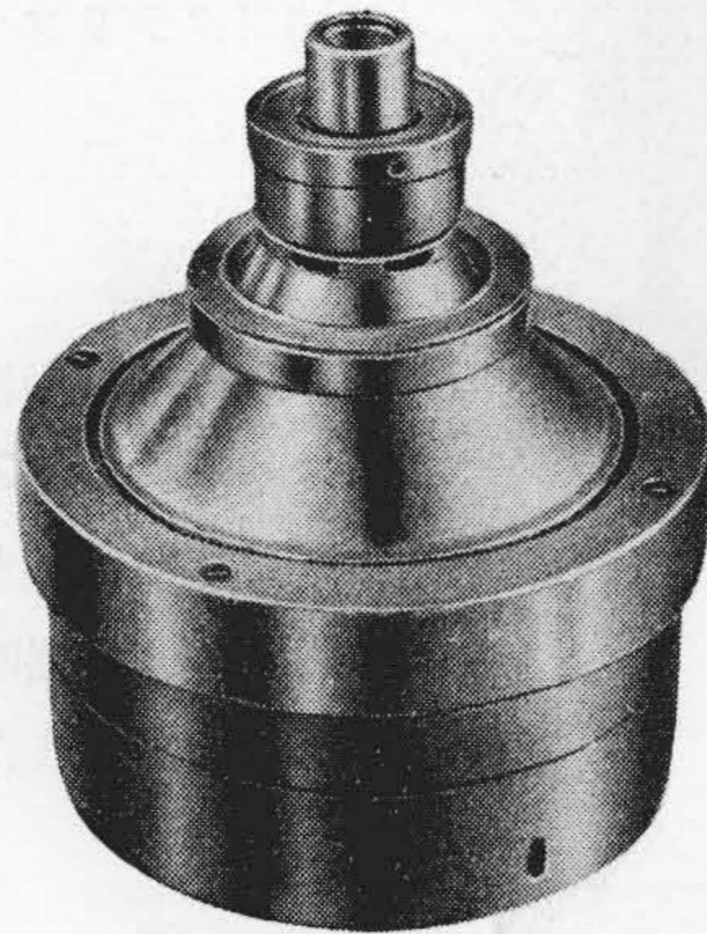
Fig. 17. Occurrence of m, D_0, D in Purifier Bowl

$$D = \sqrt{\frac{m D_i^2 - D_0^2}{m - 1}} \dots (9)$$

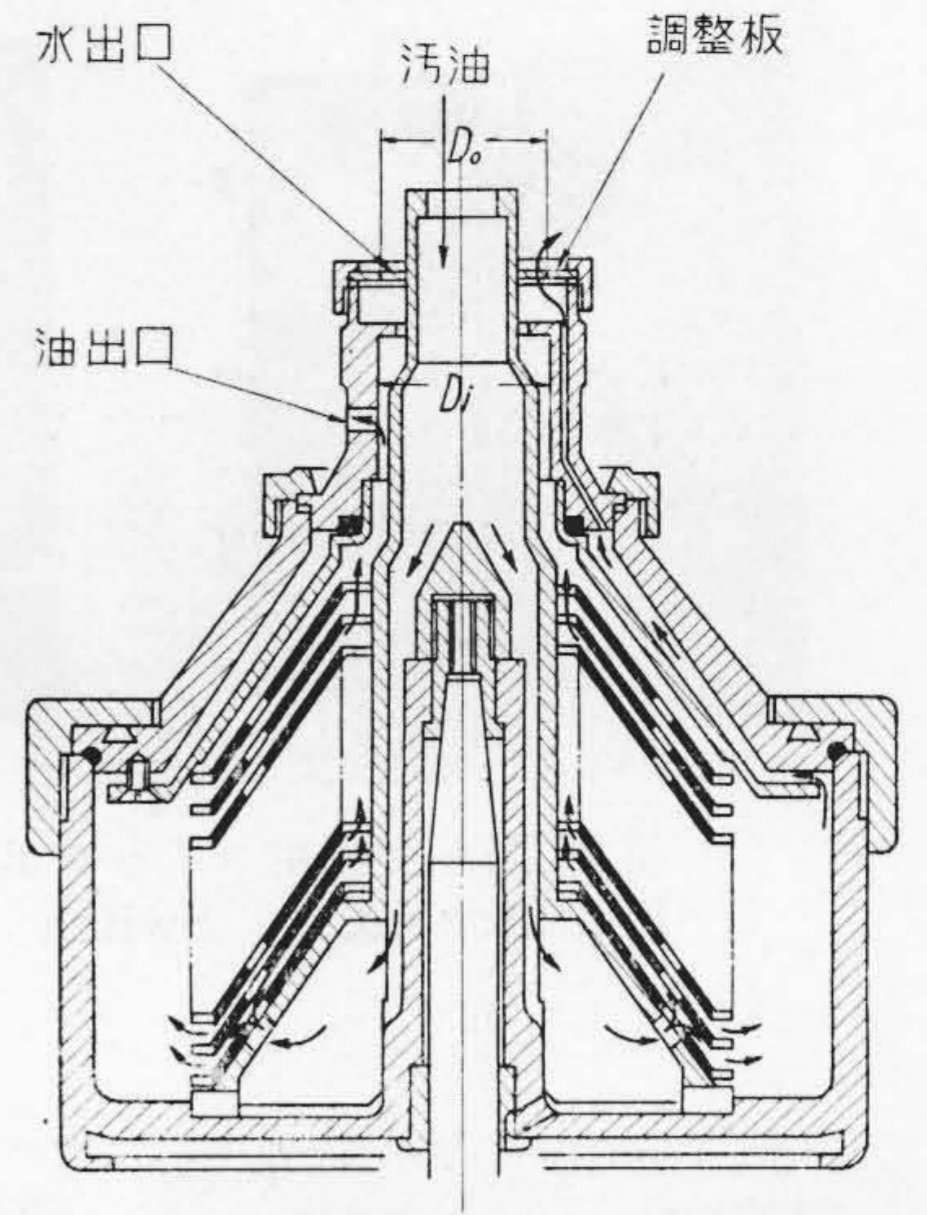
(9) 式より明かなるごとく, 境界面径は二液の比重比,



第18図 クラリファイヤ回転筒構造図
Fig. 18. Details of Clarifier Bowl



第19図 高比重油用プーリファイヤ回転筒
Fig. 19. Purifier Bowl for high Specific Gravity Oil



第20図 高比重油用プーリファイヤ回転筒構造図
Fig. 20. Details of Purifier Bowl for High Specific Gravity Oil

油吐出口径 D_i 、水吐出口径 D_o によつて自動的に決定される。

以上の関係によつて常に圧力バランスが保たれれば水出口は常時封液されており、油が水出口より流出することはない。境界面径 D が案内板外径 E より大なる状態でのみ (9) 式が成立する場合は、境界面は実存することができず、油が水出口から吐出され連続処理は不能となる。水出口径 D_o は附属している種々の調整板によつて変更できるから比重比 m に応じて任意位置に境界面を設けることができる。

第17図に m 、 D_o 、 D の関係曲線の一例を示す。

(3) 燃料油用クラリファイヤ回転筒

特に燃料油中にきわめて微細な不純物を含む場合にはプーリファイヤ回転筒を有する清浄機とクラリファイヤ回転筒を有する清浄機が直列に使用される。

これはプーリファイヤにて水分および大部分の不純物を除去し、しかる後クラリファイヤにおいてきわめて微細な固形物のみを除去するためである。

第18図にクラリファイヤ回転筒の構造を示す。図に示すごとくクラリファイヤ回転筒においてはプーリファイヤ回転筒における水出口を封塞し、かつ最下端の分離板のみは通油口の無いものが使用される。そのため汚油は給油筒底部より分離板外方に出、分離板の外端より分離板中に入る。クラリファイヤ回転筒においては二液分離の必要はなく、そのため前述のごとき構造とし分離板全長が油の清浄に利用されるごとくなつていく。すなわち (6) 式における R_A の増加による能力の増加を計つ

第1表 粗悪重油比重、粘度の一例
Table 1. Specific Gravity and Viscosity of Bunker Oil

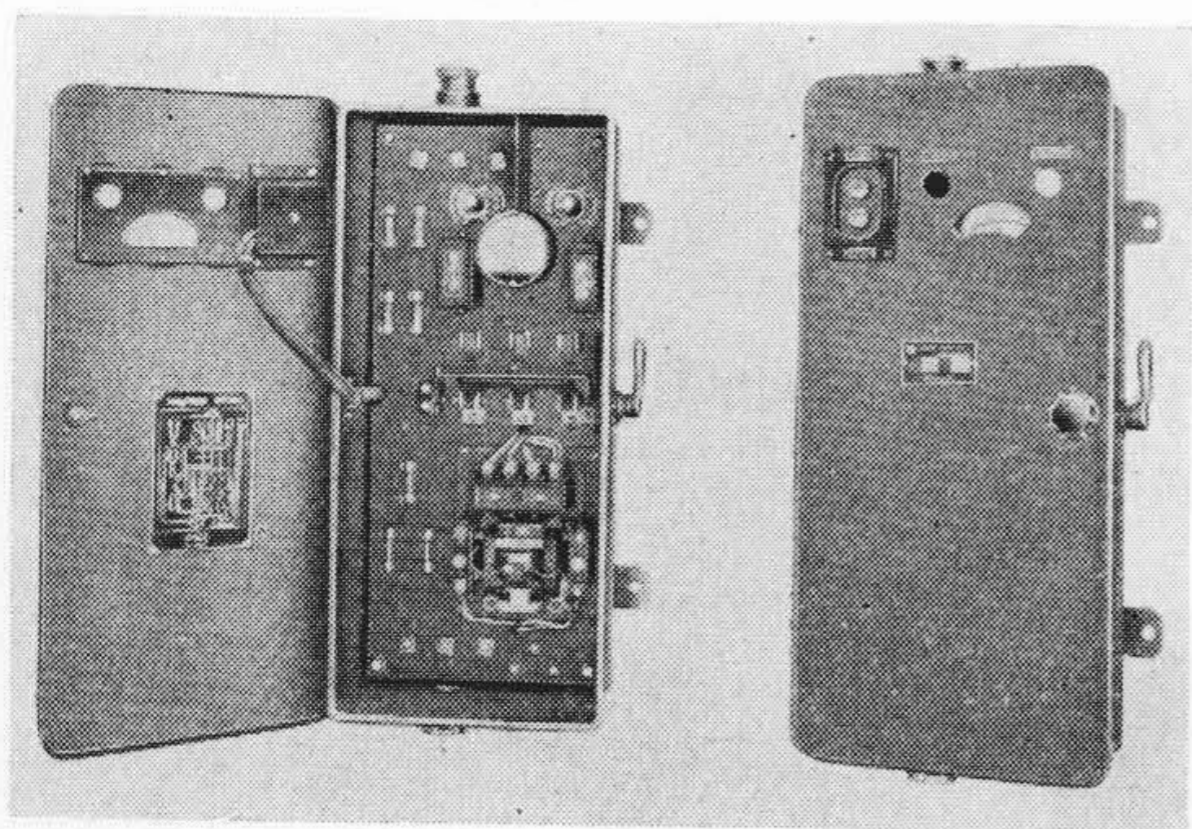
油名称	比重実測値一例	粘度実測値一例 (レッドウッド 50°C)
JIS 4号重油	1.017	※ 1,300 以下
	1.008	
	0.998	
JIS 3号重油	0.971	※ 612 以下
	0.959	
	0.947	
	0.941	
California Bunker B	0.977	720
Mexican Boiler Oil	0.967	2,200
Associated Bunker C	1.000	1,411

※ は規格値を示す。

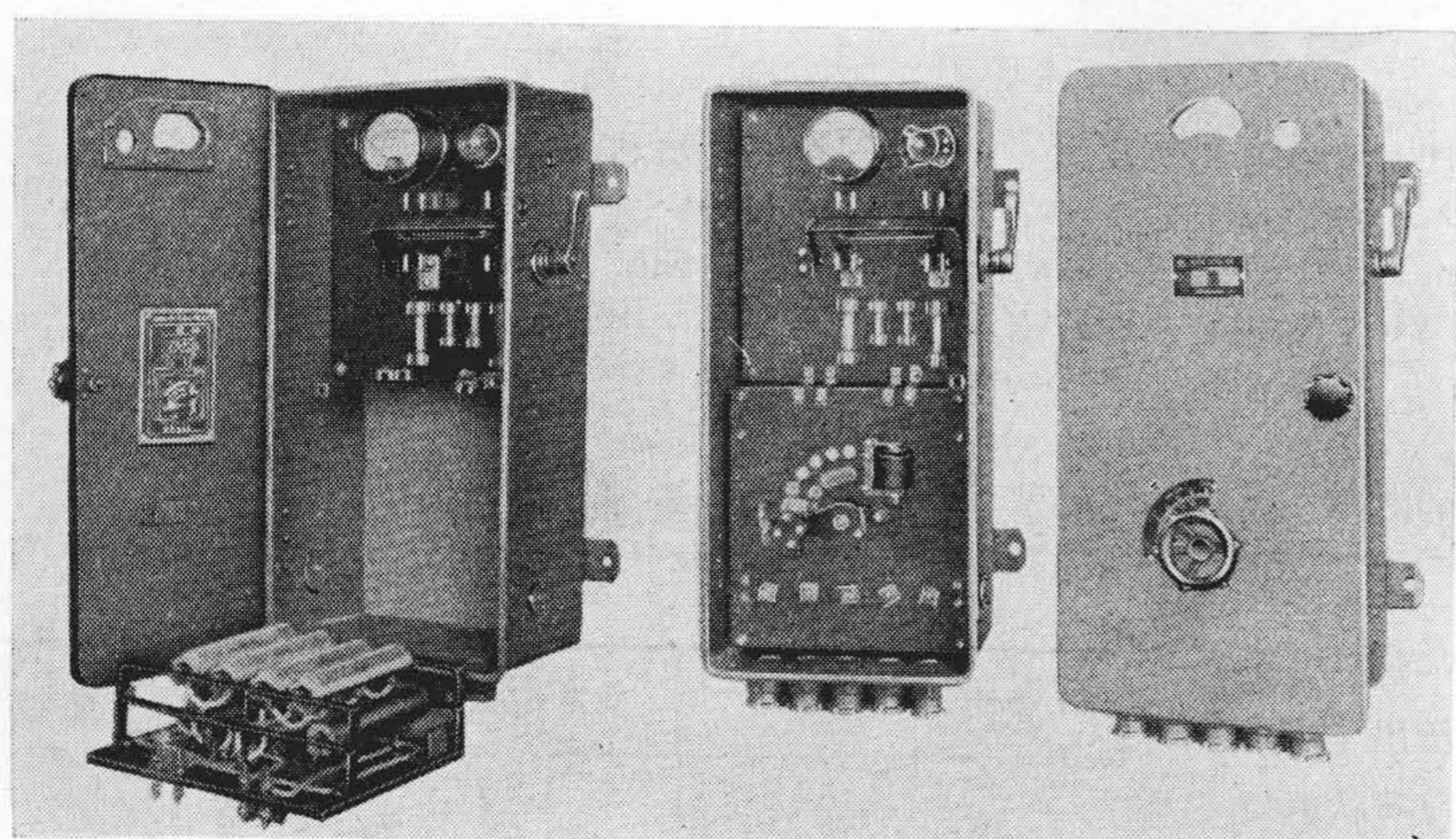
たものである。

(4) 高比重油用回転筒

近時ディーゼル燃料として使用されるようになった粗悪重油は一般燃料油に比し第1表に示すごとく高粘度、高比重である。そのため清浄も困難となつてくるので加熱温度を増加し、レッドウッド粘度 90~180 秒程度で処理される。しかし高比重であるため特別な考慮が必要となつてくる。すなわち前掲の第17図に示すごとく比重比 m の増加 (油比重の増加) とともに境界面径 D は大となり、かつ油中にエマルジョン状の中間比重液を含む場合や、(案内板下方の液圧増加、すなわち ρ_i の増加を意味する) 通油量の大なる場合は (油の流れ厚みのため D_i の減少を意味する) この傾向を助長し、境界面径が案内板外径より大となるため小口径調整板を使用する必要を生



第21図 交流用スイッチボックス
Fig. 21. A.C. Switch Box



第22図 直流用スイッチボックス
Fig. 22. D.C. Switch Box

じる。しかし一般潤滑油、燃料油用回転筒においては第16図より明かなるごとく案内板の首部のため調整板口径 D_0 を油出口径に対し一定値以下とすることはできず、そのため前述の傾向が大なる場合は境界面径 D を案内板外径 E より小とすることが不可能となり、連続処理不能の現象を生じる。したがって高比重油処理に際し、常に $D < E$ となしうるためには特別な構造の回転筒を使用する必要がある。

高比重油用プーリファイヤ回転筒は前記の目的のためのもので、第19図にその外観を、第20図にその構造を示す。

図に示すごとく清浄油は下方油出口より、水は上方水出口より吐出される構造で、図より明かなるごとく水出口径 D_0 は油出口による制約を受けることなく十分小とすることができ、高比重油処理においても十分安定な連続分離が可能となるものである。

クラリファイヤ回転筒となすには潤滑油用回転筒の場合と同様最下端分離板をクラリファイヤ用のものとし、水出口に最小径調整板（油出口口径より著しく小なるも

の)を使用することにより行いうるが、前述のごとくクラリファイヤとして使用の場合は二液分離の必要なく、そのため比重比に関する特別な考慮は不要で、一般燃料油用クラリファイヤ回転筒をそのまま使用することができる。

〔V〕その他

本機の電動機は全閉外扇型、または防滴型を使用し、スイッチは第21図および第22図に示すごとくフロントサービス壁掛型を標準としており、交流用スイッチの電磁開閉器は動揺時においても動作確実なる特殊設計のものを使用し、また直流用スイッチにおいては図に示すごとく内部点検がきわめてよい構造となっている。

〔VI〕結 言

以上日立船用 D-F 型遠心清浄機の概要を紹介し、あわせて船用清浄機として特に考慮されるべき諸点について述べた。

なお本機はその処理能力により種々の大きさのものが製作されており好評をえている。

本稿が関係諸賢の幾分なりとも御参考になれば幸と考える次第である。

参 考 文 献

- (1) 川崎：日立 13 12 (昭 26-12)
- (2) 川崎：化学工業 5 633 (昭 29-7)
- (3) 川崎：日立評論 37 1160 (昭 30-8)
- (4) 井上：最近の化学工学 丸善 1954, 40
- (5) 川口：日立評論 26 380 (昭 18-7)
- (6) M. Ambler: Chemical Eng. Progress. 1952, 150

「日立評論」綴込みカバー

特価 1組 ￥100 (郵送料共)

「日立評論」の綴込み用として美しい綴込みカバーを発売致しております。

御希望の方には実費でお頒ち致しておりますから下記に御申込下さい。

日 立 評 論 社

東京都千代田区丸の内1の4(新丸ビル7階)
振替口座 東京 71824