



社 团 法 人

# 日本造船研究協会報告

第 54 号

昭 和 40 年 11 月

---

油水分離装置に関する研究 ..... 第56・68研究部会

Study on the Oil-Water Separator ..... The 56th Committee  
The 68th Committee

---

The Report  
of the  
Shipbuilding Research Association  
of Japan  
Tokyo, Japan  
No. 54  
November, 1965

第 56・68 研究部会 委員名簿

部会長	西脇 寛彦	瀬 尼 正 雄	若 杉 武 夫
幹事	江嶋 陽一郎	池 田 敏 隆	伊 藤 武 義
委員	池 田 和 夫	池 田 武 男	大 岡 敬 典
	内 田 勇	遠 岡 本 孝	岩 本 連
	大 町 進	岡 本 登	治 尚
	木 村 光 彦	久 米 孝	設 楽 尚 郎
	柴 田 七五三男	陣 駒 美	浦 木 雄 郎
	杉 野 茂	鈴 木 勝	田 野 寿 郎
	田 井 虎 一	高 津 健	寺 田 駿 郎
	土 屋 輝 雄	村 忠	寺 野 三 定
	富 田 幸 雄	西 岡 正	口 井 寿 郎
	野 村 信 義	東 幸 博	平 福 三 彰 郎
	平 林 健 一	平 部 哲	細 井 昇 郎
	福 永 靖 一	古 川 哲	宮 川 義 夫
	松 本 通 雄	宮 坂 哲	崎 下 和 三
	三 好 章	矢 敷 百 合 太 郎	山 山
	山 田 敏 道	米 原 令 敏	

Membership of the 56th and 68 th Research Committee

Chairman	Yoshihiko NISIWAKI		
Secretary	Yōitirō EZIMA	Masao SEO	Takeo WAKASUGI
Members	Kazuo IKEDA	Tosi IKEDA	Yosinori ITŌ
	Isamu UTIDA	Takasi ENDO	Kazuo ŌIWA
	Susumu ŌMATI	Takeo OKAMOTO	Murazi OKAMOTO
	Mituhiko KIMURA	Takao KUME	Keizi SIDARA
	Simeo SIBATA	Yositō ZINKOMA	Takasi SUGIURA
	Sigeru SUGINO	Katutosi SUZUKI	Saburō SUZUKI
	Toraiti TAI	Kenzi TAKASE	Sadao TUTIDA
	Teruo TUTIYA	Tadahiko TUMURA	Tosirō TERANO
	Yukio TOMITA	Masayosi NISIOKA	Teizō NOGUTI
	Nobuyosi NOMURA	Yukio HIGASI	Akira HIRAI
	Keniti HIRABAYASI	Masahiro HIRABE	Saburō FUKUI
	Yasuo FUKUNAGA	Tetu FURUKAWA	Noboru HOSOI
	Mitio MATUMOTO	Tetuo MIYASAKA	Yosio MIYAZAKI
	Akira MIYOSI	Yuritarō YASIKI	Kazuzo YAMASITA
	Takamiti YAMADA	Noritosi YONEHARA	

# Study on the Oil-Water Separator

## 1. INTRODUCTION

The international agreement prescribes that water which contains oil over 100 ppm cannot be discharged into the sea in order to protect sea water pollution caused by oil from ships. Present work involves the experiments concerning the investigation of the properties of bilge, performance on the conventional oil-water separator, miscellaneous preliminary test, experimental work using apparatus prepared for the test, and actual ship experiments and so on.

## 2. INVESTIGATIONS, EXPERIMENTS AND THEIR RESULTS

### 2.1 Investigations on the Conventional Oil-water Separator

Investigations were done on every separator produced in domestic and foreign companies by using their catalogues.

### 2.2 Investigations on Bilge

- (1) The amount of bilge discharged from a ship up to 20,000 DWT class was 2~7 t/day when navigating and 0.5~5 t/day when anchored.
- (2) The amount of oil contained in the bilge was normally 1~5% and the maximum was 10%.

### 2.3 The Method of Oil-Water Separation

A method of specific gravity difference was mainly applied to the present work as a result obtained by examination on every method and preliminary test.

### 2.4 The Enlarging Method of Oil Drops

Tiny oil drop particles are necessary to be enlarged for separation from water. The oily water was passed through miscellaneous kinds of filtering element for that purpose. Several filtering elements were effective to enlarge this oil particles and stopping up were also less.

### 2.5 Experiments on Filtering Materials

The performance investigations were conducted for several kinds of filtering materials, but none of them showed good results.

### 2.6 Influence of Bilge Pumps

The dispersion effect of oil was examined for every pump and it was found that the good result was obtained only when several reciprocating pumps having lesser number of strokes were used.

### 2.7 Oil Alarm Apparatus

The oil alarm apparatus was made for the test applying two sets of cds to bridge circuit in order to examine every fluid path prepared for the test. Deposit of dirty

materials on peep hole was relatively small for the proper circuit of the fluid path, but further study is necessary for the long run.

## 2.8 Automatic Oil Discharge Unit

An automatic oil discharge unit applying the volume losing method was made for test.

## 2.9 The Performance of Oil-Water Separators

The preformance of two kinds of oil-water separator was campared, one was specific gravity difference method and the other was eddy current method, and we recognzied that the former is better. The oil content became easily under 100 ppm when MOT method was applied. The present experimental methods explained here are not proper to the performance examination method for oil-water separator.

## 2.10 Actual Ship Experiments

The actual examination on oil-water separator was performed by the tug boat named Tachibana Maru. The performance was decreased because of sludge stopping up on filter. Therefore, it was recognized that the sludge removing unit is necessary.

# 3. CONCLUSION

The fundamental investigation works have been continued for two years since the start of the examination of amount and properties of bilge to the performance examination of the conventional oil-water separator, the influence of pumps on the oil-water separator, properties of filtering material, to the examinations on the separation method of oil and water, automatic oil discharging unit, and oil alarm unit. In parallel with the above work, testing units were fabricated and their performances were examined by using a small transparent oil-water separator so that the performances could be improved. The specific gravity difference method was applied to the actual ship test, because this method showed a good result.

### (1) The Amount and Properties of Bilge

The amount of bilge discharged from ships was 2 - 7 t/day during navigation and 0.5 - 5 t/day during anchorag age for most cases, oil content of the bilge being 1 - 5 % normally and 10 % maximum.

### (2) The Influence of Pump Type and Kind of Oil

The big difference was observed on the condition of the emulsion formation depending on the type of pumps and the kind of oil. Further, the formation condition af the emulsion was also influenced on the condition of valves and piping, the number of rotation of pump and change of oil temperature.

### (3) Filtering Materials used for the Enlargement of Oil Particles

Since the material of filter element is a very important factor to decide the performance of oil-water separator, big effort was made to select the material. Although the

decisive result was not obtained by the present work, a few kinds could be served on actual use; further study being necessary for this purpose.

(4) Oil-Water Separator

Oil and water are separated from each other inside of a bilge tank on a calm condition, but a part of oil becomes emulsified because of the movement caused by bad weather or during the period passing through pumps and pipings. The bigger oil particles could be separated from water easily by the application of either method of specific gravity difference or eddy current, but it was difficult to separate tiny oil particles unless they were enlarged by way of filtration process using proper filtering materials. However, it is recommended that larger oil particles are separated before smaller particles are enlarged by passing through a filtering material in order to obtain better separation, because the increased fluid resistance of the mixture is caused by passing the entire amount of oily water through the filtering material.

(5) Situation of Actual Ship Experiment

Since the amount of sludge which was contained in bilge was far more larger than expectation and it caused the lowering of the filtering performance because of stopping up on the filtering material, care must be taken into consideration about pumps and pipings. At the same time, it is necessary to use a sludge removing facility such as a filter having enough capacity for long period of run before the entrance of the oil-water mixture to the separator.

## 目 次

第1章 緒 言 .....	1
第2章 調査事項 .....	2
2.1 徒来の油水分離器の調査 .....	3
2.1.1 カタログによる調査 .....	3
2.1.2 アンケートによる調査 .....	4
2.2 ビルジの調査 .....	5
2.2.1 浅野ドックにおける調査 .....	5
2.2.2 アンケートによるビルジの調査 .....	5
第3章 予備実験 .....	8
3.1 各種分離法の検討 .....	8
3.1.1 比重差による分離方法 .....	8
3.1.2 沥過による分離方法 .....	9
3.1.3 遠心分離による方法 .....	9
3.1.4 化学的分離方法 .....	9
3.1.5 超音波による分離方法 .....	9
3.2 比重差による分離予備実験 .....	10
3.2.1 実験方法および結果 .....	10
3.2.2 実験装置 .....	11
3.2.3 実験結果の検討 .....	11
3.3 油滴拡大方法 .....	11
3.3.1 実験方法 .....	11
3.3.2 実験装置 .....	11
3.3.3 実験結果ならびに検討 .....	11
3.4 沥材の性能試験 .....	12
3.4.1 実験方法および装置 .....	12
3.4.2 実験結果 .....	13
3.4.3 実験結果の検討 .....	15
3.5 各種ポンプによる油滴細分化比較実験 .....	15
3.5.1 実験方法 .....	16
3.5.2 実験結果 .....	16
3.5.3 実験結果の検討 .....	16
3.6 油分警報装置 .....	17

3.6.1 実験方法および装置	17
3.6.2 実験結果	18
3.6.3 実験結果の検討	20
 第4章 模型実験	21
4.1 模型の説明	21
4.1.1 比重差式模型	21
4.1.2 過流式模型	23
4.1.3 自動油排出装置	23
4.2 実験方法および装置	26
4.2.1 実験方法A	26
4.2.2 実験方法B	27
4.2.3 実験方法準M.O.T.	27
4.3 実験結果	28
4.3.1 実験方法Aによる結果	28
4.3.2 実験方法Bによる結果	29
4.3.3 実験方法M.O.T.による結果	29
4.4 実験結果の検討	30
4.4.1 実験方法Aによる結果の検討	30
4.4.2 実験方法Bによる結果の検討	30
4.4.3 実験方法M.O.T.による結果の検討	31
 第5章 実船実験	32
5.1 実験方法および装置	32
5.1.1 各種要目	33
5.1.2 配管説明	35
5.2 実験結果	35
5.2.1 ビルジの性状について	35
5.2.2 逆洗状況および自動排油装置	36
5.2.3 油水分離性能について	36
5.3 実験結果の検討	36
 第6章 結　言	37
附録　油水分離器の構造と作動	38

## 第1章 緒 言

船舶の油による海水の汚濁を防止するため、油分 100 ppm 以上を含んだ水を海に流してはならないという国際協定がある。本研究は、この基準に適合する油水分離器を作るため、ビルジの性状調査、現用油水分離器の性能調査、種々の予備実験、試作実験、実船実験等を行なった。

## 第2章 調査事項

各種油水分離器をカタログにより調査するとともに、アンケートにより船主および造船所における実積を調査した。

ビルジの油水混合物の実情については、浅野ドック入渠中の船につき含油率、沈澱物等について調査するとともに、アンケートにより船主および造船所におけるビルジ量、含油率、油の比重等を調査した。

Table 21 Types & Principal

Maker	Capacity (t/h)	Type	Dimensions (mm)		Volume (m <sup>3</sup> )
			Dia.	× Length × Height	
Nagoya S. Y. Victor	10	Vertical Cylinder		1067 × 2000	1.5
Germany Turbulo	(5) 10	Do.		(765 × 1700) 800 × 1830	(0.62) 0.90
Germany Entöler	5	Do.		550 × 1500	0.315
White	5	Horizontal Box		450 × 760 × 1680	—
England D.S.I.R.	10	Vertical Cylinder		1370 × 1370	1.92
Mitsublshi S.Y. Kato	60	Horizontal Box		1219 × 3048 × 1676	—
England Autosep	(5) 10~15	Horizontal Cylinder		(900 × 1850 × 1400) 1390 × 2565 × 1930	(1.17) 3.0
Do.	60	Do.		2457 × 4191 × 2987	18.00
Comyn	5	Vertical Cylinder		620 × 1430	0.452
Do.	12	Do.		900 × 1370	0.757
Norway Akers	(5) 25	Do.		(700 × 1500) 1000 × 1500	(0.55) 1.18
Rellumit	5	Do.	1 Set with 2 Separators 915 × 2210		2.8
Uruga	5	Do.		500 × 1500	0.294

## 2.1 従来の製品の調査

### 2.1.1 カタログによる調査

カタログにより油水分離器の形式、要目を調査した結果を Table 2.1 に示す。また、構造、作動等については附録に示した。

Items of Oil-Water Separator

Weight (ton)		Oil Content (%)		No. of Chamber and Method of Separation
Body	Total	Inlet	Outlet	
—	—	—	—	1 st : Cyclone 2 nd : Impact and Specific Gravity Diffrence Method
0.6	(1.3) 1.5	—	—	1 st, 2 nd : Specific Gravity Diffrence Method
0.255	0.57	—	—	1 st : Cyclone 2 nd : Division Plate and Specific Gravity Difference Method
—	—	25~75	0.00017	1 st, 2 nd : Specific Gravity Difference Method 3 rd : Filter
—	—	0.1	0.002	1 st : Cyclone 2 nd : Filter
—	—	0.043	0.004	1 st : Specific Gravity Diffrence Method 2 nd : Filter
2	(2.2) 5	21.4	0.0004~0.0009	1 st : Cyclone 2 nd, 3 rd : Division Plate and Specific Gravity Difference Method
5	23	21.4	0.0004~0.0009	Do.
—	—	—	—	Indistinct
—	—	—	—	1 st : Division Plate and Spec Gravity Diff. Method 2 nd, 3 rd : Spec Gravity Diff. Method
0.4	0.4	—	—	1 st, 2 nd : Specific Gravitiy Difference Method
—	—	15	0.0015	Capillary Filter
—	—	—	—	Cyclone

Note : In the Table, Marked ( ) Number Shows the Assumed Value at 5 t/h Capacity

### 2.1.1 アンケートによる調査

アンケート調査（船主および造船所に対し依頼）の中、22社より解答があり、その結果は次のとおりで、整理すると Table 2.2 のようになる。

(イ) 使用実績のあるもの

TURBULO	4	川 重 製	2
ENTÖLER	4	日 立 製	1
加 藤 式	3	オートセップ <sup>®</sup>	1

(ロ) 内圧については、1～3 kg/cm<sup>2</sup> 程度

(ハ) 性能試験については

	分離 前	分離 後
エンテラー式	920 ppm	98 ppm
加 藤 式	930 "	170 "
	12,930 "	100 "

Table 2.2 Questionnaire and its Result

Another Means in Separation of Oily Water	By Filter	7
	By Bubble	0
	By Heater	16
	Another Means	0
Having Experience of Ability Test or Not	Yes	3
	No	15
Reynolds No. in Final Part Removing the Oil in Oil-Water Separator	More Than 10,000	0
	10,000～2,000	1
	Less Than 2,000	4
Method of Oil Discharge	Float	9
	Electric Device	3
	Optical Device	2
	Another Method	Hand Operation Over Flow
Materials in Essential Part Separating the Oil	Steel Plate	6
	Zinc Plate	8
	Copper Plate	0
	Stainless Plate	0
	Another Materials	0
Materials of Filter	Cloth	4
	Cokes	6
	Diatomaceous Earth	4
	Viayl Sponge	1
	Another Materials	0

## 2.2 ビルジの調査

### 2.2.1 浅野ドックにおける調査

油水分離器を設計する際の基礎資料を得るために浅野ドックに入渠した船のビルジを調査した。供試船8隻より採取した29本の試料について油分を測定した。

試料は分析時すでに水と油がほぼ分離していたので、分液漏斗に移し、油分と水分を分離したのち、それぞれの溶積を測定した。なお、水分中には少量の浮遊沈澱物がみとめられたので、遠心分離(2,500 rpm, 15分)して、その量も測定した。このさい油分も分離したが、微量なので測定はしていない。なお、ビルジ溜の深さを10等分した各位置より等量採取し、ビールビンに移した。採取容器についての油は、完全にとれるまで行なった。

Table 2・3 ビルジ調査表の結果をまとめると以下のとおりである。

- (イ) 船別のビルジ中の含油量の範囲は 0.4~70% と極めて広く、かつ油の種類が異なる。
- (ロ) 同一船でも 8 採取場所による差が 0.2~28% と大きく、かつ油の種類も異なる。
- (ハ) 単なる常温静置によりほぼ完全に分離するもの（油分は 100 ppm 以下となる）と、分離するがエマルジョンが残るものが少数ある。
- (ニ) 常温静置により少量の泥状物質の沈降が認められるが、その量は 0.0 n % 程度である（ただし、実船のポンプで吸入した場合は、これより多いと考えられる）。

### 2.2.2 アンケートによる調査

アンケート依頼数47（船主および造船所）中22社より解答があり、その結果を整理すると次のとおりである。

- (イ) ビルジ量について

ビルジ量は Fig. 2・1 のとおりで、大体航海中は 2~7 ton/day であった。

また、停泊中は 0.5~5 ton/day が多い。

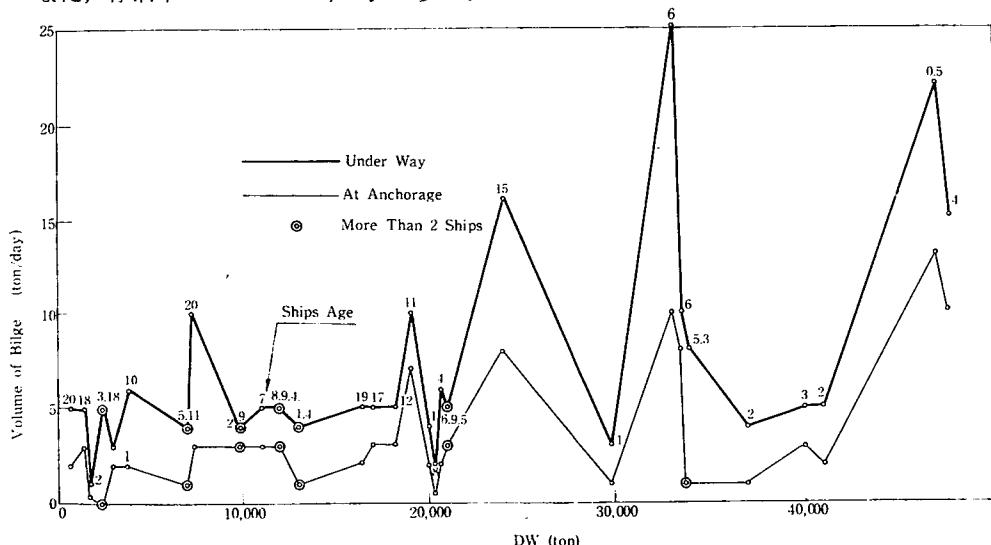


Fig. 2・1 Volume of Bilge

(口) ビルジ中の油の含有量について

ビルジ中の油の含有量は Fig. 2.2 のとおりで、1~5%程度であり、最大10%であった。

浅野ドックの調査によると、油の含油量は 4.4~70% と範囲が広いのは、特定の時期、場所での計測であって、船としての平均でないためと思われる。

(ハ) ビルジ中の油の比重

ビルジ中の油の比重は Fig. 2.2 のとおり 0.90~0.95 程度であり、最も比重の大きいものは 0.98、最も比重の小さいものは 0.88 であった。

(二) その 他

ビルジタンクの有無については半々であった。洗油の処理については、排油タンクに捨てるのが多かった。

Table 2.3 Investigated Results

	A	B	C	D	E
Kind of Ship	Tanker	Cargo Ship	Refrigerator	Cargo Ship	Cargo Ship
Gross Ton and Dead Weight Ton	G. T. D.W.T.	11,959 18,050	706.22 —	8,033 10,000	793.34 —
Kind of Main Engine	Diesel	Diesel	B&W Diesel	Diesel	Doxford Diesel
Hp × No. of Main Engine	8,300×1	550×1	5,600×1	800×2	6,500×1
Fuel Oil	Heavy Oil	Heavy Oil	Heavy Oil	Heavy Oil	Heavy Oil
Kind of Generator Engine	Diesel	Reciprocating	Diesel	Diesel	Diesel
Kind of Prime Mover for Auxiliary Machinery	Motor	Reciprocating	Motor	Reciprocating	Motor
Bilge Condition	Oil Content (Vol. %)	0.3~0.6	69.1	16.7~23	9.9~17.1
	Precipitate (Vol. %)	0.05~0.09	0.02	0.01	0.0
Remarks			Emulsion	Emulsion	
Date of Extraction	37. 4. 24	37. 4	37. 4. 28	37. 4. 28	37. 4. 30
Place of Extraction	Engine Room	Engine Room	Engine Room	Engine Room	Engine Room
Date of Built	1952-9	1949-3	1960-10	1943	1957-7

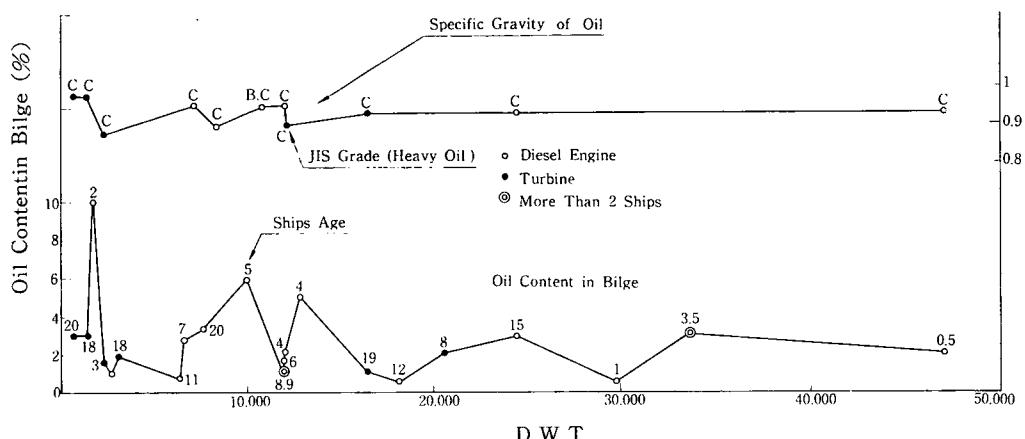


Fig. 2.2 Oil Content and Specific Gravity of Oil

#### of Bilge Conditions

F	G	H	I	J	K	L
Tug Boat	Whaler	Cargo Ship	Cargo Ship	Mother Whaler	Guardship	Cargo Ship
190	708.03	5,799	762	9,495	332	8,197
—	—	12,403	989	—	—	11,149
Reciprocating	Recipro	Recipro	Mitsubishi Diesel	Turbine	Diesel	Turbien
836×2	2,750×1	—×1	—×1	5,400×1	600×2	6,600×1
Coal	Heavy Oil	Heavy Oil	Heavy Oil	Heavy Oil	Gas Oil No. 4	Heavy Oil
Reciprocating	Reciprocating	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Turbine
Reciprocating	Reciprocating	Reciprocating	Reciprocating	Reciprocating	Reciprocating	Reciprocating Motor
1.2~3.4	2.0~4.1	8.5	3	8.1	1.9	2.7
Tr.	Tr.	0.0	Tr.	0.3	Tr.	2.7
37. 5	37. 5. 8	37. 5. 16	37. 5. 17	37. 5. 11	37. 5. 17	37. 5. 10
—	Shaft Tunnel	Engine Room	Engine Room	Engine Room	Engine Room	Shaft Tunnel
		1925-5		1949		1944

## 第3章 予備実験

実験を行なう前に文献調査および簡単な試験を行ない、各種分離方法の検討を行なった結果、比重差による分離方法が、適当であることがわかったので、比重差による実験を行なった。なお、比重差のみでは油水分離は完全でないので、油滴拡大の実験も行なった。

また、沪材の性能試験、各種ポンプによる油滴細分化比較実験および油分警報装置についても実験を行なった。

### 3.1 各種分離法の検討

#### 3.1.1 比重差による分離方法

Fig. 3・1 および Fig. 3・2 に油滴の大きさと分離速度の関係を示す。Fig. 3・1 には比重が 0.95～0.99までの油滴が 15°C の海水中(比重=1.03)において有する分離速度を示す。Fig. 3・2 には比重 0.98 の油滴の各種温度の清水中における分離速度を示す。図より明らかなように、海水中の方が清水中より分離速度が速い。温度が高くなると水と油の比重は僅かに増加し、また水の粘度は減少するが、温度が高くなると分離度が良くなるのは主に粘度の減少による。Fig. 3・2により温度が低いほど温度変化の分離度におよぼす影響は大であることがわかる。

次に、静置分離、加熱後静置分離、気泡による分離度におよぼす影響につき簡単に試験した結果を以下に記す。

##### (イ) 静置分離

入渠中の 5 隻のビルジにつきサンプル 300 ml を分液ロートにうつし、30 分静置後分液メスシリンダにて秤量の結果油分は大体 100 ppm 以下となった。

##### (ロ) 加熱後静置分離

入渠中の 5 隻のビルジにつきサ

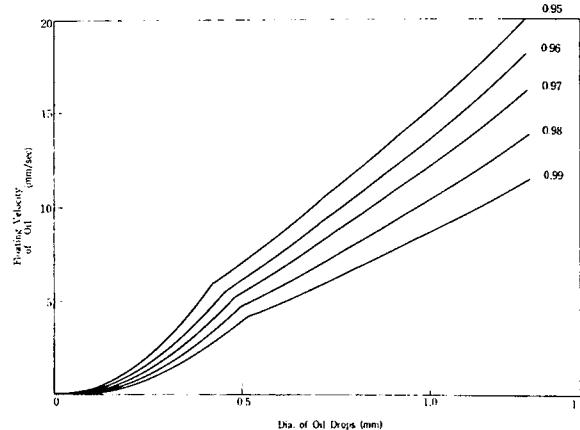


Fig. 3・1 Floating Velocity of Oil (Specific Gravity 0.95～0.99) in Sea Water (15°C)

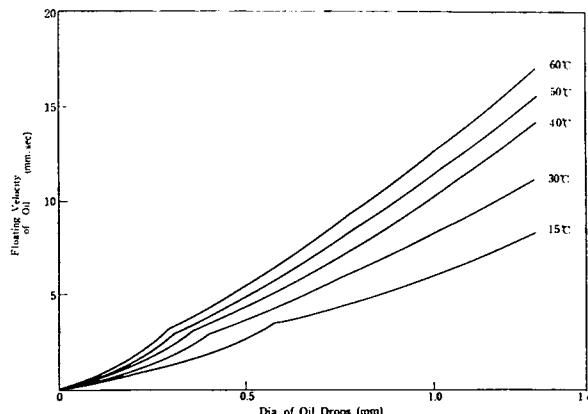


Fig. 3・2 Floating Velocity of Oil (Specific Gravity 0.98) in Fresh Water

ンプル 300 ml をビーカにとり、100°C まで加熱10分放置後分液ロートにうつし、30分後分液の結果、その効果はあまり大きくなかった。

#### (iv) 気泡による方法

処理液中に含まれる油滴は、微細な気泡を附着させることにより容易に水面に浮上させることができる。気泡を作るには、圧力をかけた空気を溶かし込んだ後、これを大気に開放して溶解空気を微気泡として発生させると良い。なお、発生した気泡を除去すべき浮遊物の表面に附着させる必要があるが、これは油と水との界面の性質によって左右され、また、この性質は水中にとけている物質の種類や濃度、pH、水温等によっても変化する。従って、入渠中の5隻の船のビルジに対し簡単なテストを行なってみたが、ビルジによってその附着性がまちまちであったので、有効でないことがわかった。

#### 3.1.2 沔過による分離方法

この方法も種々考えられているが、処理液の濃度の高いものに対しては、自動連続清浄が難しいので、一般には他の方法との併用として考え、分離器で分離した後の水を済過して性能の向上を図るようにしている。入渠船5隻のビルジをタオル10枚を重ね7 mmに圧縮したもので重力済過のテストを行なったところ、その効果は大きく 10 ppm 程度のオーダーにまで油分を減少することができた。

#### 3.1.3 遠心分離による方法

水中の油を分離するために使用された実例は少いが、理論的には比重差を拡大して分離を一層助長するものであり、良い方法と考えられる。

入渠中の5隻の船のビルジにつき簡単な試験を下記のごとく行なった。

サンプル 300 ml を 2,500 rpm で15分間遠心分離器にかけたところ、一たん油が分離するが、分液ロートに移すと、一部が再び水中に混入するため、正確な値は得られないが、油の分離は良好であった。

次に、渦流については、油水混合液を円筒容器に接線方向に入れ軸流を起させると、油は中央に集まって上方へ分離する。渦流式分離については模型にて実験することとした。

#### 3.1.4 化学的分離方法

現在まであまり試みられていないが、界面活性剤を処理液に少量混入した時、エマルジョンを分離できる見通しがある。

入渠中の5隻の船のビルジにつき、簡単な試験を以下のとく行なった。

サンプル 300 ml に活性剤(ニッサン油脂製エマルジョンブレーカ) 0.2 % 添加攪拌後 2~3 hr 放置して分離状況を調査の結果

- (i) 油が数10%もあるエマルジョンの場合には極めて有効である。
- (ii) 数%の油を含む海水中に添加したときは、むしろ分散剤として作用する。
- (iv) 一たん静置分離した水に添加した場合には、いくらか効果がみとめられるが、済過にはおよばない。

#### 3.1.5 超音波による分離方法

液体中に分散している液体粒子は、超音波を照射することにより振動し、相互に衝突現象をおこして凝集する。凝集した油分は比重差により迅速に上昇する。超音波を利用するとエマルジョン状にな

ったものでも容易に分離し得るが、費用の点で高価なものとなり、また大容量のものへの利用は困難である。

### 3.2 比重差による分離予備実験

コーン状の分離板を数多く重ね合せた1つの分離エレメントを考え、この一部分（4半分）を後述のごとく透明容器で製作し、簡単な実験を行なった。

#### 3.2.1 実験方法および結果

A, B, C重油および混合油（A, B, C重油、軽油、潤滑油を等量）につき、常温（15~20°C）にて試験を行なった。

##### (1) 流量変化について

方法：流量は 2.5, 5, 10m³/hr 相当の3点とする。

流量は、水出口にてメスシリンダおよびストップウォッチにて計測する。

結果：大粒の油は流速にはあまり影響されないで、分離板入口附近で、分離板上に浮上付着する。

流量 5 m³/hr 相当の場合に大部分の油分は分離板上に付着して分離するが、微細な油粒子（径約 0.2 mm 以下）は、水出口より水とともに流出する。流量の増加に従って油粒子の径が大きいもの（径 0.3 mm 位）も多少は流出するのが認められた。

##### (2) 分離板傾斜角変化について

方法：15°, 30° の2点につき、また、A重油、C重油および混合油、(A, C, 軽油) の3種類につき油の浮上性および油浮上後の流動性につき実験した。

結果：Table 3・1 のとおりで分離板の傾斜角度は大きい方が、また、油温は高い方が分離板上に浮上した油の流動性が良い。

Table 3・1 Fluidity of Separated Oil

Kind of Oil	Heavy oil (J.I.S.)		Heavy oil (J.I.S.)		Mixed Oil	
	15°C	30°C	15°C	30°C	15°C	30°C
Angle of Inclination	15°	GOOD	GOOD	BAD	BAD	Generally GOOD
	30°	GOOD	GOOD	BAD	Generally GOOD	GOOD

##### (3) 分離板の高さについて

方法：15mm, 30mm, 45mm の3点について油粒子の浮上性を実験した。

結果：分離板の高さはせまい方が有利であるが、狭すぎると上部に浮上付着した油層により通路がせまくなるので、油層の流動性を考え 30mm 位が良いと思われる。

##### (4) 水出口間隔変化について

方法：間隔 8mm, 5mm, 3mm の3点につき流れの状態のテストを行なった。

結果：水出口間隔については、いずれの場合も大きな変化は見られなかった。

##### (5) 各種の油による比較

B, C重油とA重油との比較のテストをしたが、A重油より多少油の粒子は大きくなり、比重と相殺して油の分離はそれほど差がなかった。

ただし、油の分離板浮上後はB、C重油では流動性が良くなかった。

混合油は 0.25~0.1mm 位の非常な微粒子となり、大部分が分離できなかった。

### 3.2.2 実験装置（透明容器）

透明容器で分離器を有する Fig. 3-3 のごとき実験装置を使用した。

### 3・2・3 実験結果の検討

各単独油の分離は良好であったが、洗油混入の混合油はかなりの微粒子を生じ、分離不可能になることがわかったので、微粒子拡大方法を考えることとした。

### 3·3 油滴扩太方法

### 3.3.1 實驗方法

Fig. 3.4 の装置により透明容器を傾斜させてⒶ部に各種汎過材料をつめ込んだものや、フランジ部に各種布状の材料をはさんで油滴拡大状況の実験を行なった。

### 3.3.2 実験装置

Fig. 3.4 のごとく 18 l の容器に油を 5 l 程度入れておき、上方より水道水を油面より 20~30 cm 上方より注入すると油の種類、水道水注入入口の高さ、水の注入量により種々の大きさの油滴を交えた油水混合液ができる。それを透明容器に導いて試験を行なった。

### 3.3.3 実験結果ならびに検討

- (4) Fig. 3-4 の Ⓐ の部分に次の  
沪過材料をつめたものを使用し  
て試験した。

  - (a) シュロの毛
  - (b) ヘチマ
  - (c) 砂利石

試験の結果、いずれの場合も  
油の微粒子は沪過材料の部分で Fig. 3-4 Experimental Arrangement for Growth of Oil Drops  
ぶつかり合って成長して大きな油粒となるものと、流れ去るものとがあった。これは、手で沪過材料をつめた関係上均一でなかったためと考えられる。従って、均一な多孔質の布状のものが有効であろうと考え、次の試験を行なった。

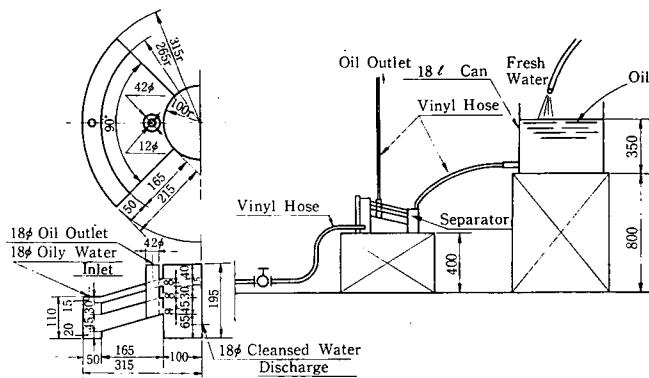


Fig. 3-3 Preliminary Experimental Arrangement for Separation of Oily Water

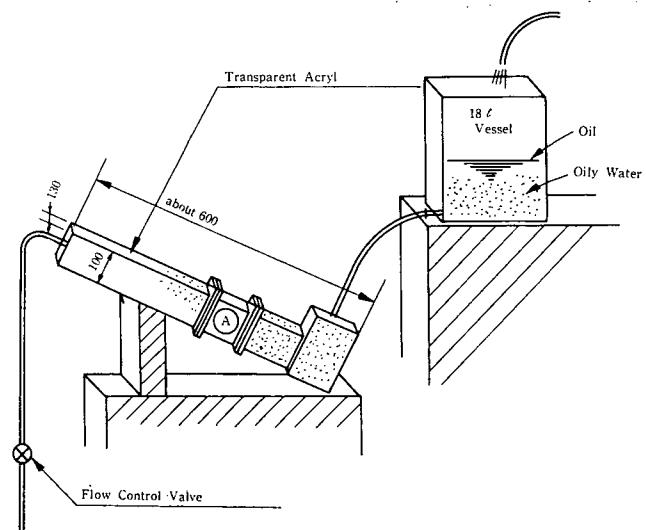


Fig. 3.4 Experimental Arrangement for Growth of Oil Drops

(a) Fig. 3-5 のフランジ部分に次の材料をはさんで試験した。

(a) 醋酸ビニールスポンジ

S-43 の酢酸ビニールスpong (厚さ 2 mm 気孔率 91%, 平均の孔の径 130 ミクロン) を Fig. 3-5 のフランジ部に狭む。

油は、スpong 中に滲透して、スpong 後面にて図のごとき油粒が多数発生し、油粒が徐々に成長して油粒の浮力がスpong 面に対する附着力に打ち勝つと、スpong より離れて水中を上昇し、分離板上に浮上附着する。

従って、分離速度は非常に速くなる。

(b) フエルトグラスウール

フェルトグラスウールについても、酢酸ビニールスpong と同様の現象が起ることが確認された。この場合、グラスウールの厚さは 25 mm のものを使用した。

(c) 各種布による試験

ある種の布は、試験の結果酢酸ビニールスpong とほぼ同様の現象を生じたものもあった。

(d) 予備実験結果の検討

上記実験によりグラスウール、酢酸ビニールスpong および各種布を通過させることにより油滴を拡大し得ることがわかった。さらに、分離性能の良好な材料を見出すべく、次の試験を行なった。

### 3.4 各種沪材の性能試験

油水分離器に対し、沪材は油滴拡大用に使用する場合もまた分離器の清浄水出口側に設けて残存油滴を捕獲吸収するために使用する場合も、その性能を支配する重要な要素である。それゆえ下記のごとく、油滴拡大用およびコシ器用としての各沪材について試験を行なった。

#### 3.4.1 実験方法および装置

(1) 油滴拡大

Fig. 3-6 のごとく、ギヤーポンプにより水タンクより水を引き、ポンプ出口側の油タンクより空気圧力にて A 重油を約 3 % 混入し、透明容器内の種々の沪材に、油水混合液を通過速度を 0.5 cm/sec の一定値で通過せしめた。なお、A 弁を絞り油滴を適当に細分化して試験した。

(2) コシ器用

Fig. 3-7 の装置で模型試験用として製作した渦流式油水分離器 (Fig. 3-8 参照) を

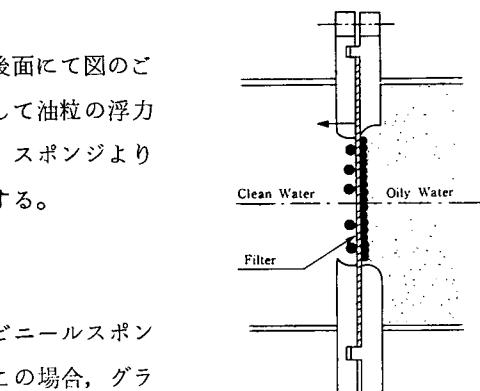


Fig. 3-5 Test of Filter

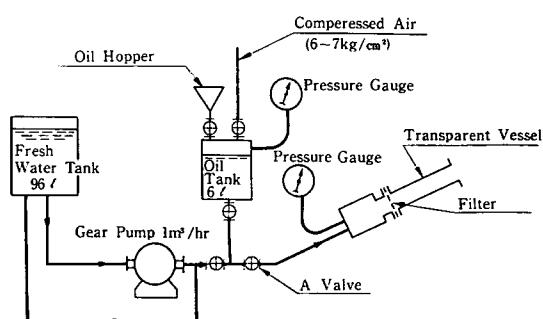


Fig. 3-6 Experimental Arrangement for Efficiency Test of Filter

利用して、その内筒に供試沪材として、ビニールスpong、ヘチマ、コークスの 3 種のものを各々組合せて、Table 3-2 のごとく 4 種類の試験を行なった。なお、使用したポンプは变速立

三連プランジャ式 $5\text{m}^3/\text{hr} \times 20\text{m} \times 70\text{rpm} \sim 17\text{rpm}$ で、混合油はA重油約2%，流量は約 $3\text{m}^3/\text{hr}$ とした。

Table 3・2 Stuffing Formating

Kind of stuffing	Stuffing Formation	Stuffing
A	(a)  (b)	(a) Vinyl sponge sheet (S71) 10mm x 2 (b) Vinyl sponge piece (S61) Stuffing density = $0.215\text{g/cm}^3 \cdot 10\text{kg}$
B	(a)  (c)	(a) Same as above (c) Vinyl sponge piece (S41) stuffing density = $0.215\text{g/cm}^3 \cdot 10\text{kg}$
C	(d)  (e)	(d) Vinyl sponge sheet (S71) 10mm x 2 (e) Vinyl sponge piece (S41) stuffing density = $0.25\text{g/cm}^3 \cdot 10\text{kg}$
D	(a)  (f) (g)	(a) Same as above (f) 80 gourds (g) Cokes Stuffing density = $0.595\text{g/cm}^3 \cdot 15\text{kg}$

備考 充填率とは充填物重量とつめられた容積との比率を示す。

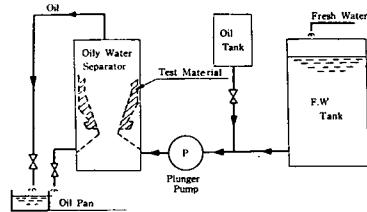


Fig. 3・7 Materials Test Device for Filter

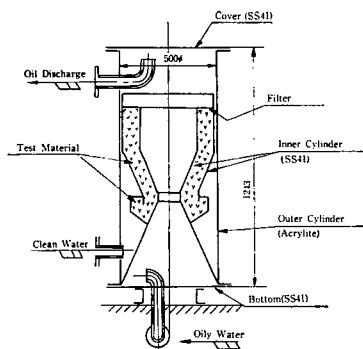


Fig. 3・8 Oily-Water Separator

### 3・4・2 実験結果

#### (イ) 油滴拡大用戸材

Table 3・3 のとおりである。

Table 3・3 中の性能はすべて戸材通過後の油の状態を示すもので、微小粒 (Minute Oil Drops) とは油滴直徑約50ミクロン以下のものとする。微小粒少量 (A Little) とは、10~20 ppm 程度、多数 (Much) とは、50~100 ppm 程度を示す。水泡に関しては、最初から油滴にならず、細かい水泡となるものもあり、また、長時間後発生するものもあったので、一応試験開始15分後の成績とした。

目づまり (Friction Loss) については、混合液中にスラッジは存在していないので、油による抵抗と考えてよい。

#### (ロ) コシ器用戸材

Table 3・4 のとおりである。

Table 3.3 Efficiency of Filter Used for Growth of Oil Drops

Date No. of Test	Name and Efficiency of Filter		Temperature		Testing Results							Remarks	
	Name of Filter	Density	Napping	In Room °C	Oil Drop Water ps Dia. (m/m)	Minute Max/Min.	Bubble Oil (After 15 Minutes)	Friction Loss (kg/cm)	5 Minutes Pass	Difference			
1	38. 4. 1	Vinyl Sponge Acetate	Thick	No	20	14	5/3	A Little	No	0	0.3	0.3	S -43 t =10
2	4. 1	Glasswool	Do.	No	20	14	5/3	A Little	Do.	0	0.2	0.2	FG215 t =25
3	6. 19	All Vinylon	Do.	-	26	17	5/3	A Little	Do.	0.1	0.3	0.2	
4	4. 1	Vinylon Cotton	Do.	-	20	14	5/3	A Little	Do.	0.1	0.3	0.2	
5	6. 12	All Nylon	Normal	No	25	16	3/1	Much	Existent	0.1	0.3	0.2	
6	4. 2	Nylon 5% Staple Fiber 50%	Do.	No	21	15	3/1	A Little	No	0.1	0.3	0.2	
7	4. 2	Nylon 30%	Do.	-	21	15	3/1	Much	Do.	0.1	0.3	0.4	
8	4. 2	Nylon Rubber	Do.	No	21	15	5/3	A Little	Existent	0.1	0.5	0.3	
9	8. 10	All Tetlon	Thick	-	31	20	5/3	A Little	No	0.1	0.4	0.2	
10	4. 3	Tetlon Cotton	Normal	No	19	14	Bubble	Much	Existent	0.1	0.3	0.2	
11	4. 10	All Rhovyl	Thick	-	18	15	5/3	Much	Do.	0.1	0.3	0.2	
12	4. 10	Rhovyl 40% Rayon 60%	Do.	-	18	15	5/3	Much	No	0.1	0.3	0.2	
13	4. 11	Rhovyl 30% Rayon 70%	Do.	-	21	14	5/3	Much	Do.	0.1	0.3	0.2	
14	11. 11	All Cotton	Do.	-	15	11.5	3/1	Much	Do.	0.1	0.3	0.2	
15	5. 10	All Hemp	Loose	No	23	15	Bubble	Much	Existent	0.1	0.3	0.2	
16	7. 11	Goatskin	Thick	-	28	18	3/1	A Little	No	0.5	2.0	1.5	
17	7. 11	Deerskin	Do.	-	28	18	1/0.5	Much	Do.	0.5	2.0	1.5	
18	11. 12	Stainlesswool	Loose	-	12	10	Bubble	Much	Existent	0	0.3	0.3	
19	11. 16	Gauze Wire	Do.	-	14	11	Bubble	Much	Do.	0	0.3	0.3	
20	11. 18	Sintered Metal	Thick	-	13	10	Bubble	Much	Do.	0	0.3	0.3	
21	39. 4. 4	P. P. 30% Cotton 70%	Do.	-	25	15	2/0.5	A Little	No	0	0.1	0.1	

Table 3.4 Materials Efficiency for Filter

Kind of Stuffing	Pumps Capacity		Temp. in F.W. Tank	Atmospheric Temp. °C	Quantity of Water m³/hr	Quantity of Oil l/hr	Oil Content in Oily Water %	Oil Content in Filtered Water rpm
	Delivery Pressure kg/cm²	Revolution rpm						
A	0.20	31	14	17	3.00	66.0	2.16	265
B	0.22	34	13	14	3.00	67.5	2.20	50
C	0.25	24	8	12	2.00	35.0	1.72	<50 Assumed
D	0.20	30	13	16	3.00	68.3	2.22	457

プランジャポンプによって生ずる油滴の平均直径は観察によると 100 ミクロン以下と推定される。ビニールスponジに関する製造者の資料によると、平均孔径は Table 3・5 のとおりである。

Table 3・5 Efficiency of Vinyl Sponge

S 41	About	100	Micron
S 51	About	350	Micron
S 61	About	700	Micron
S 61	About	1100	Micron

よって、100 ミクロン以下の油滴の捕獲には一段と孔径の小さい沪材を必要とし、流通抵抗は非常に大きくなる。

### 3.4.3 実験結果の検討

#### (イ) 油滴拡大用沪材

一般に同一材料でも界面状況（例えば、染料を変えただけでも）で性能、すなわち油粒の成長、均一度、水泡の有無に変化を生じた。また、粗悪油（混合油等）の油の中にスラッジのある場合は、目づまりによる部分的通過速度過大により性能が低下したが、清浄水を逆に流すと目づまりは簡単に解消した。なお、材料としては耐海水、耐油性の目のこまかく均一な多孔物質で水泡を生ぜず、圧力による変形の少ないものが良い。

また、油粒の成長度については、油粒の成長度は材料の表面状態によっても変化し、織物の場合には面を起毛しておくと良い結果が得られた。

#### (ロ) 水泡について

実験中に水のまわりを油膜でつつんだ風船状のものが発生（これを水泡とよぶ）し、この水泡は水との比重差が小さいため浮上速度が低下し、分離度が悪くなる。

沪過材料実験の際、最初に沪過材料に油を附着せしめてから油水混合液をとおすと、ほとんどの材料は水泡を生じた。

#### (ハ) エマルジョン捕捉

水と油の混合したあとの弁を絞ると、その程度によりエマルジョンが発生するが、目のこまかく均一につまつた沪材は、ある程度のエマルジョンを捕捉拡大できた。

#### (ニ) 油コシ用沪材

本実験に使用した沪材ではコシ器の寸法が相当大きくなるから、通過抵抗の少い沪材の調査が必要であるが、本研究においては実施できなかった。

### 3.5 各種ポンプによる油滴細分化比較実験

油水の分離性能は油の粒度、比重、粘度、界面等によって影響されるが、なかでも油粒の大きさの影響が著しく、エマルジョンの含有は油水分離器の性能を左右する。

ビルジの中にはエマルジョンが少量含有されているものもあるが、ポンプ、管系等を通過する際エマルジョンを生成することが多い。それゆえ、ポンプの種類と油粒子の細分化および分離状況を調査するとともに油の種類の影響等を調査した。

### 3.5.1 実験方法

#### (イ) ポンプの影響調査

Table 3・6 の 3 種のポンプに重油 3 % を含有した水を流し、ポンプ出口で試料を採取して油微粒子含有量の時間的変化を光電比色計により調査した。

なお、各種油の微粒子含有量と光電比色計による濁度との関係はあらかじめ求めておいた。

Table 3・6 Principal Items of Pump Used for Test

Reciprocating	1~5 m <sup>3</sup> /hr, 17~70 rpm. with Motor Reduction Gear, 3-Plungers Vertical Type
Centrifugal	9.6 m <sup>3</sup> /hr, 2,900 rpm
Gear	6 m <sup>3</sup> /hr, 1,450 rpm

#### (ロ) 油の種類の影響

歯車ポンプに各種油を使用して油の種類による微粒子生成状況の相異を求めた。

### 3.5.2 実験結果

#### (イ) ポンプの影響調査

3 種類のポンプを使用した場合の微粒子の発生状況を調査した。Fig. 3・9 は各種ポンプ出口から採取した試料を光電比色計により、油分の分離状況から微粒子発生状況を比較したものである。

Fig. 3・10 は油分の含有量と光電比色計の透過率との関係を示したものである。各種ポンプの透過率を油分の量に換算すると Fig. 3・9 は Fig. 3・11 のようになり、ポンプの種類による微粒子またはエマルジョンの発生状況が一層明確になる。

これによると往復動ポンプは短時間で油滴が浮上分離することがわかる。

10分、30分、60分後の水中の油含有量を比較するとほぼ Table 3・7 のようになる。

Table 3・7 Oil Content

Time (min.)	Reciprocating Pump	Centrifugal pump	Gear pump
10	230 ppm	3,050 ppm	3,350 ppm
30	100 "	2,250 "	3,200 "
60	70 "	1,800 "	3,050 "

#### (ロ) 油種の影響

A 重油のほか原油、潤滑油、および C 重油を使用して油の分離状況を調査したところ Fig. 3・12 のようになった。微粒子の発生しやすい順序は、A 重油、原油、軽油、C 重油、潤滑油であった。また油の分離性能は油の種類によりかなり差があった。

### 3.5.3 実験結果の検討

ビルジポンプの種類によるエマルジョンの生成状況の差は予想されたとおり大きいからポンプの選定には注意する必要がある。同じ型式のポンプでも回転数によりかなり差があるであろう。また、同

じポンプを使用した場合でも、弁の状況およびパイピングにより影響があるものと思われるが、今回は調査できなかった。

油の種類によるエマルジョンの生成状況にもかなり差がある。

### 3.6 油分警報装置

油水分離器にはその出口水の中に、油分がある程度以上に混入した時に警報を発するなど適当な処置をすることが必要である。

#### 3.6.1 実験方法および装置

油分検出法には種々の方法があるが、連続検出、高感度、装置が簡単等の点を考慮して、光の透過率を利用した検出方法をもちいた。

光透過式は光を透すノゾキ窓が油分でよごれるために動作点が変ってしまう欠点がある。窓にワイパをつけてよごれを防ぐのも一方法であるが、長時間連続使用、故障発生率、装置の単純化等の理由からワイパを使用しない型にし、その可能性に重点をおいて実験をおこなった。なお、本実験に先立って、油分混合水の濃度と透明度の関係を Fig. 3.10 のごとく求めてあるので、ここで、混合水の濃度のかわりに透明度を使用している。

#### (1) 試験用流路

試験用流路 (Fig. 3.13) は、各測定部の流路断面積を変えることにより流速を変え、窓のよごれと流速の関係を見ることができるようにしてある。また、ノゾキ窓に流れを当てるような部分を作り、その影響を調べた。

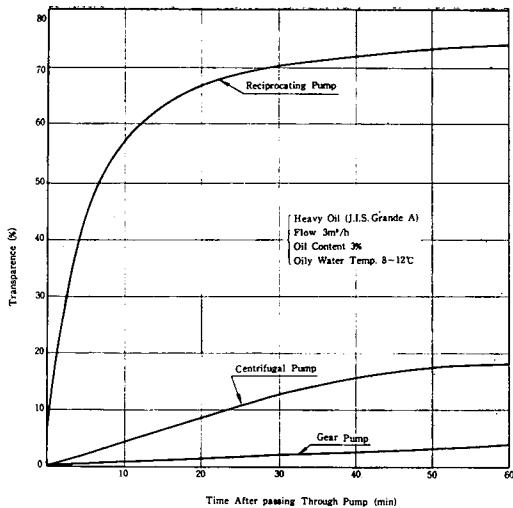


Fig. 3.9 Comparison of Emulsification of Various Pumps

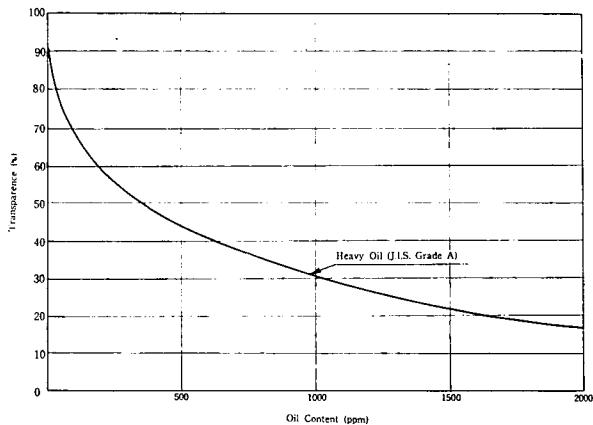


Fig. 3.10 Relation Between Transparency and Oil Content

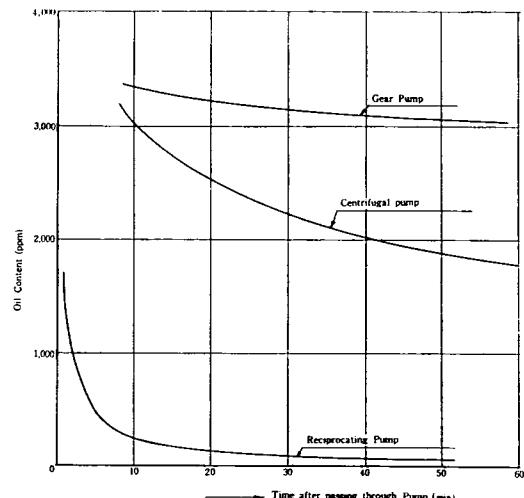


Fig. 3.11 Relation Between Oil Content and After Passing Through Various Pumps

Table 3.8 に各測定部の要目を示す。

(ロ) 油分検出部

油分検出部の構造は、Fig. 3.14 に示すとおりで、検出端の受光部は cds を使っていている。光源は 12V 用の豆電球直列 8V で点火し、フィラメントの温度を下げて赤外線領域の成分を増し、窓のよごれの影響を少なくしている。赤外線フィルタは特に使用していない。

検出回路は、光源の強さの変化の影響を取除くために、光源をはさんで 2 個の cds をおき、一方の光路だけを被検査液をとおし Fig. 3.15 ホイーストン・ブリッジで 2 個の cds の抵抗比を

Table 3.8 Items of Water Passage

Mark of Measuring Part	①	②	③	④
Inside Dia. of Passage (mm)	50	100	50	Rectangle 10×50
Sectional Area of Passage (cm <sup>2</sup> )	19.6	78.5	19.6	5.0
Velocity at 5t/h Flow (cm/sec)	71	17.7	71	27.8
Ray Length in water (mm)	50	100	130	10
Remarks	Stream is Dashed Upon the Sight-Glass in this Curved Part			

計測している。

(ハ) その他

ポンプは遠心ポンプを使用した。混合する油は A 重油を使い、ポンプ入口 1.5m 前で混入している。各測定は後述の泡の影響を除くため、流量 0 で行なった。

### 3.6.2 実験結果

(イ) 特性曲線

各透明度の油分混合水に対する cds-1 と cds-2 の抵抗比 [ $\alpha \equiv (\text{cds-1 の抵抗}) / (\text{cds-2 の抵抗})$ ] を Fig. 3.16 に○点で示す。ほぼ直線であり、検出器として十分な感度を持っていること、透過光路が短かいほうが高感度ということがわかる。この実験は油分混合水を流路に流し初めてから比較的早い時期に行なったが、すでにノゾキ窓はよごれ始めていた。

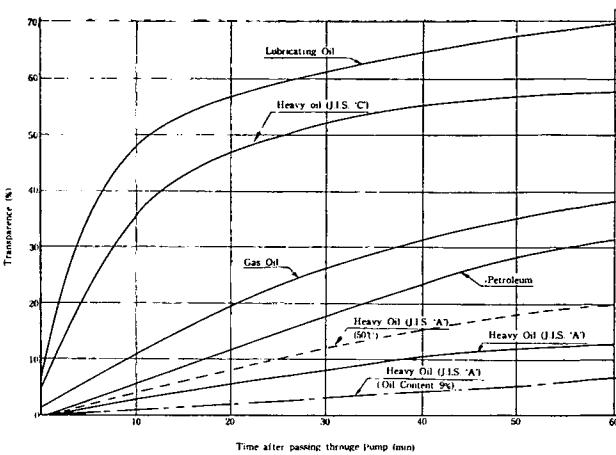


Fig. 3.12 Emulsification of Various Kinds of Oil

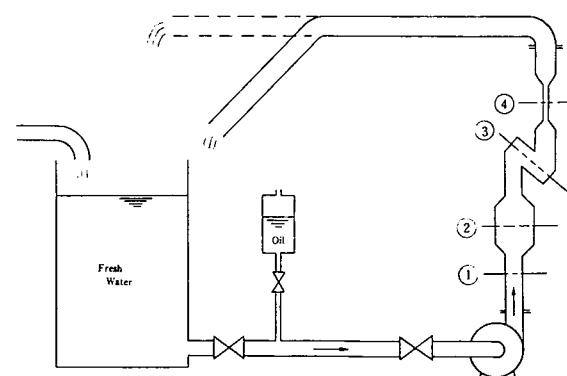


Fig. 3.13 Testing Device for Relation Between Oily Water flow and Dirt of Sight Glass

#### (b) 高濃度混合水によるノゾキ窓のよごれ

先の実験後、透明度20%の油分混合水に流路を2昼夜つけた後、6時間同混合水を5 t/hの流量で循環させ、さらに1昼夜放置した後に計測した値を Fig. 3・16 に△点で示す。その後、透明度90%の清水を4時間5 t/hで循環させ、その前後の測定値をそれぞれ□点、×点で示す。これにより窓はすぐに油分によりよごれるが、そのよごれの程度はすぐに飽和するらしいこと、清水の循環はよごれを落すのに多少は効果があること、が推測される。また、窓をはずしてよごれをふき取ってから測定した値を●点で示す。これにより④の窓はほとんどよごれていなかつたことがわかる。

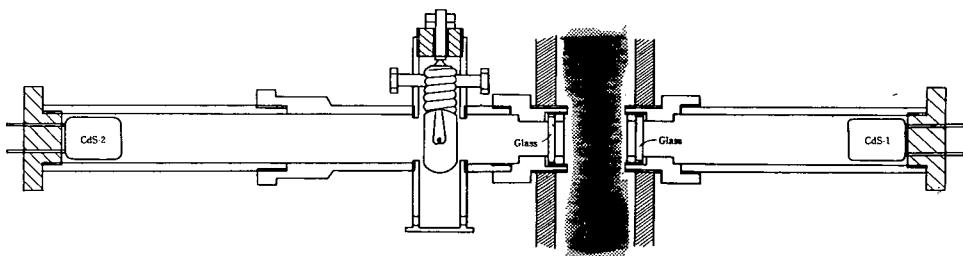


Fig. 3・14 Detectable Equipment of Oil Content

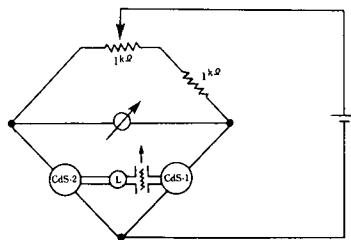


Fig. 3・15 Detectable Circuit of Oil Content

#### (c) 窓のよごれに対する流路の影響

ノゾキ窓をはずしてその各透過率を測定し、清浄な状態を100、無透過を0として比較すると Fig. 3・17 のようになる。図より次のことがわかる。

- 流速が大きいほどよごれにくい。
- 流れを窓に当てる方法はむしろよごれやすい。

また、目で見た場合、相當に茶色によごれがみえても、割に透過率の良いのは赤外線領域の成分のためと思われる。

#### (d) 気泡の影響

液中の気泡に対して本検出法は、油分との区別がつかない。実測によると数%の気泡で20~30%も透過率が落ちてしまう。それゆえ、本検出法で実測する場合は、エアトラップをつけるなり、測定部の流れ方向を下向きにする等の対策が必要である。

#### (e) 窓のよごれに対する電気回路での対策

窓のよごれによる零点のドリフト(移動)に比べて出口水中の油分の濃度は比較的早く変化するから、その両者を分ける適当なローカットフィルタをつけると窓のよごれによる影響を切ること

とができる。先に示したブリッジ出力端のメータに直列に大容量のコンデンサ（時定数5秒）をつないだだけの簡単なフィルタによっても目的は達することができた。しかし、大容量のコンデ

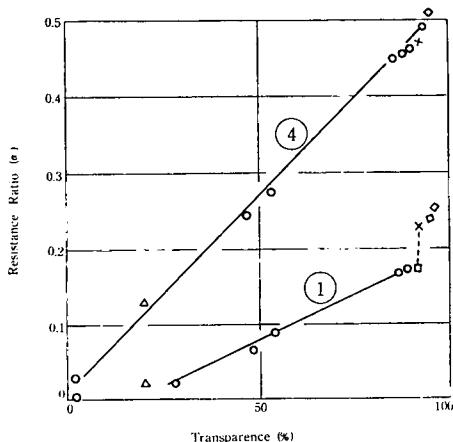


Fig. 3-16 Transparency and Resistance Ratio

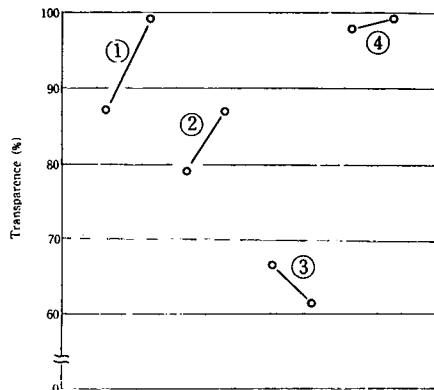


Fig. 3-17 Transparency in Passage

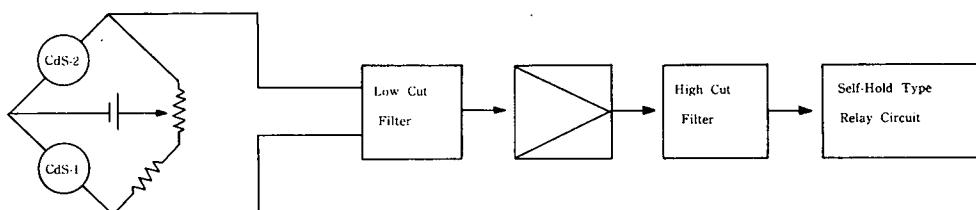


Fig. 3-18 Circuit of Dirt Measurement

ンサは微少ながらリーク抵抗を有するので長期の使用には誤差を生じるので、フィードバック型のフィルタのほうが安全性の点でのぞましい。実際に、リレー回路を取り付ける時はフィルタによるシグナルの減衰をおぎなうために、簡単ながら直流増幅回路を必要とする。また、高周波の雑音の影響を除くためのハイカットフィルタおよびリレーの自己保持回路が必要である (Fig. 3-18)。

### 3.6.3 実験結果の検討

- (イ) 光透過式油分検出法は警報装置として十分な感度を有する。
- (ロ) ノゾキ窓は流速の大きい所 (2 m/sec 以上) につけるほうがよい。
- (ハ) 気泡を測定部にいれない工夫が必要である。
- (ニ) 電気回路で窓のよごれの影響を補償することは可能であるが、さらに、長期間の実験が必要である。また、時定数の選び方など、まだ検討すべき問題が残る。

## 第4章 模型実験

比重差式油水分離器および渦流式油水分離器の模型を各1台試作した。容量は5t/hで、分離後の油は自動油排出装置により排出できるようにして実験を行なった。実験は次の3方法について行なった。すなわち、比重差式油水分離器については、水は水タンクより吸引し、油はポンプ入口にて一定量混入する実験（以下“実験方法A”と称す。）およびM.O.T.による実験を行なったが、渦流式油水分離器については“実験方法A”によるとポンプによる攪拌作用が非常に大きく、油粒子はきわめて微細になり分離は不可能であった。したがって、実験方法を変えて、水は水タンクより吸引し、油はポンプ出口にて一定量混入する実験（以下“実験方法B”と称す。）およびM.O.T.による実験を行なった。

### 4.1 模型の説明

#### 4.1.1 比重差式模型

##### (1) 形式

予備実験の結果より円筒形の比重差方式による分離方法を採用し、また、油分の含有率の変動に対しても分離良好ならしめるよう、第1分離室および第2分離室を設ける。大量の油分を含有した混合液は、まず、入口において接線方向に入り、遠心力により大部分は第1分離室中央に浮上し、第2分離室にて油滴の直径の小さい分離し難いものを分離する。

第2分離室は予備実験の結果よりコーン状分離エレメントの外周に、多孔質の油滴拡大用流通壁を取付けた。その他、上方には自動排油装置取付座および油を流動しやすくするための加熱装置を設けた。

第2分離室は、Fig. 4.1に示すとおり多数のコーン状分離エレメントより成り、その外周に多孔質の油滴拡大用流通壁としてグラスウール①が取り付けてある。油の微粒子と水の混合液はグラスウール通過後大粒の油となって浮

上し、コーン状分離エレメントの天井②に沿って③を通過し、排油管上部に集まり、自動油排出装置により、油出口より器外の油回収タンクに回収される。一方水はコーン状分離エレメント上縁に、ドーナツ状に形成された、パイプの下部に穿たれた細長い穴④に入り、ドーナツ状パイプに放射状に接続されたパイプ⑤内をとおり、区画⑥に達し、水出口から器外に排出される。

##### (2) 大きさおよび各部流速の決定

容量は最低5m<sup>3</sup>/hrのものを試作した。胴体の大きさおよび容積は、一般市

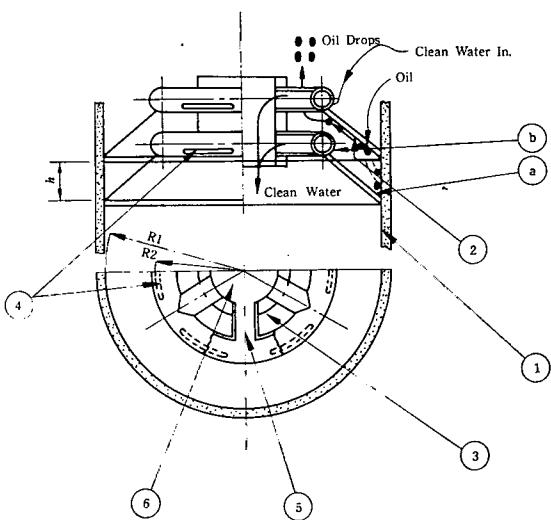


Fig. 4.1 2<sup>nd</sup> Separation Chamber in Separator Model

場品より小さく選定し  $500 \phi\text{mm} \times 1000 \text{mm}$  とした。詳細は Fig. 4・2 のとおりで、同図には各部流速を示しておいた。油滴直径と分離浮上速度の関係から第1分離室には、油滴直径約 0.5 mm 以上のものが捕獲され、それ以下のものは第2分離室にて分離される。

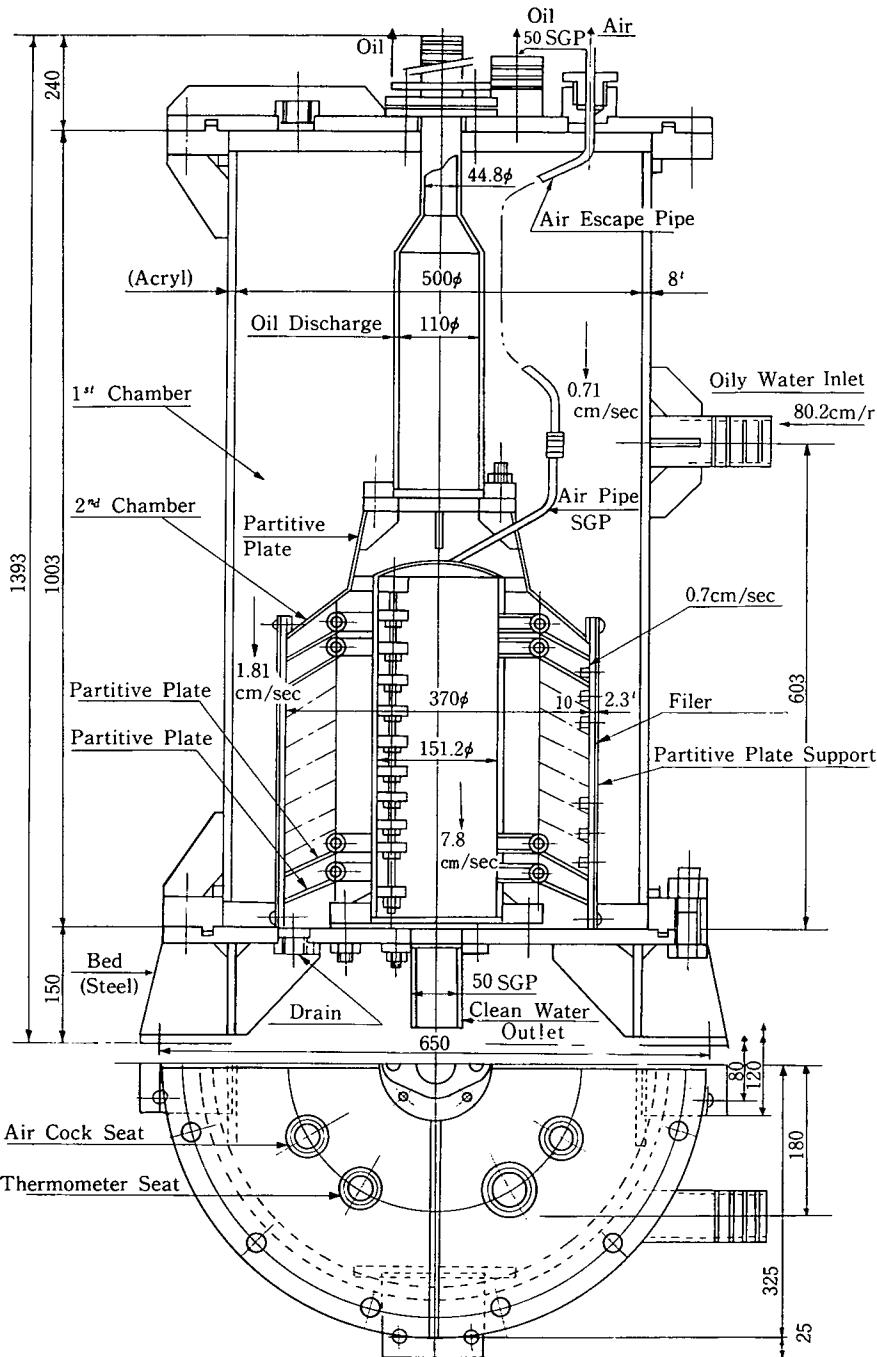


Fig. 4・2 Oil-Water Separator by Method of Specific Gravity Difference

第2分離室コーン状、分離エレメントによる油の捕獲について検討すると次のようになる。

液体が Fig. 4・1 ④より ⑥に到達する時間を  $t$  とし、その間に油滴が分離エレメント天井に到達する直径を検討する。

$$t = \int_{R_2}^{R_1} \frac{dR}{V}$$

$$V = \frac{Q}{2\pi RNh} = \frac{7.38}{R} \quad (R_1 \geq R \geq R_2)$$

$$R_1 = 18.5 \text{ cm} \quad (\text{油滴拡大通過壁の半径})$$

$$R_2 = 12.75 \text{ cm} \quad (\text{水のできる孔までの半径})$$

$$h = 3 \text{ cm} \quad (\text{エレメント間隔})$$

$$Q = 1390 \text{ cm}^3/\text{sec} \quad (\text{流量})$$

$$N = 10 \quad (\text{エレメント段数})$$

代入して

$$t = \int_{12.75}^{18.5} \frac{R}{7.38} dR = 12.2 \text{ sec}$$

従って、エレメントの高さ 3 cm を 12.2 sec で上昇する速度  $V$  は

$$V = \frac{3}{12.2} = 0.246 \text{ cm/sec}$$

ゆえに、浮上速度 0.246 cm/sec 以上の油滴は捕獲しうる。すなわち、油滴直径と分離浮上速度の関係より油滴直径 0.15 φ mm 以上のものは捕獲しうることとなる。一方、グラスウール通過後の油滴の大きさは予備実験の結果、最小 1 φ mm 以上となるので乱流の影響等を考えて Fig. 4・2 のごとき模型を試作した。

#### 4.1.2 涡流式油水分離器

本器の構造は Fig. 4・3 に示すごときものであって、遠心分離法の原理を適用し、さらに油と水との比重差を利用し、両者を分離しようとするものである。

油粒子を含む水が回転運動をすると、比重の大なる水は外周に分かれる。この遠心力による分離力はその周速度の自乗に比例し、その曲率半径に逆比例する。この原理のもとに円周方向に油水混合液を導き、これに回転力をあたえるのが④部分である。⑤部分で油と水は回転力により分離がおこなわれるとともに、流路の拡大にともない上部では流速が低下し、分離作用が促進される。さらに⑥部分では流速がますます低下し、油は上部に浮上し、一定量に達すると吐出口より外部に取出される。また⑦部分にも流路の変換により分離がさらに行なわれる。

#### 4.1.3 自動油排出装置

本装置は、油水分離装置にて分離した油分を自動的に装置外に排出することを目的としている。そのための油水面検出には、①浮子式、②電気式等がある。浮子式は例が多いが、油と水の比重差が小さいため、装置全体が大きくなるために今回は②の電気式を試作してみた。

##### (イ) 電気式油水面検出法

### i) 抵抗式

水と油の比抵抗差を利用して検出する。この方法は、検出装置、電極も簡単であるが、電極の油による汚れにより動作が不確実になることがある。

### ii) 静電容量式

水と油の誘電率の差を利用して検出する。この方法は、検出装置がやや複雑になるが、電極の油の汚れによる動作不能ということはない。しかし、電極に絶縁被膜を施す必要がある。

### iii) 容量損失式

抵抗式、容量式の変形で、水がアース電位であることを利用し、水面が電極に達すると発振回路を短絡して発振を止めるようとする。また、電極が油で汚れて、短絡不十分のときは、コンデ

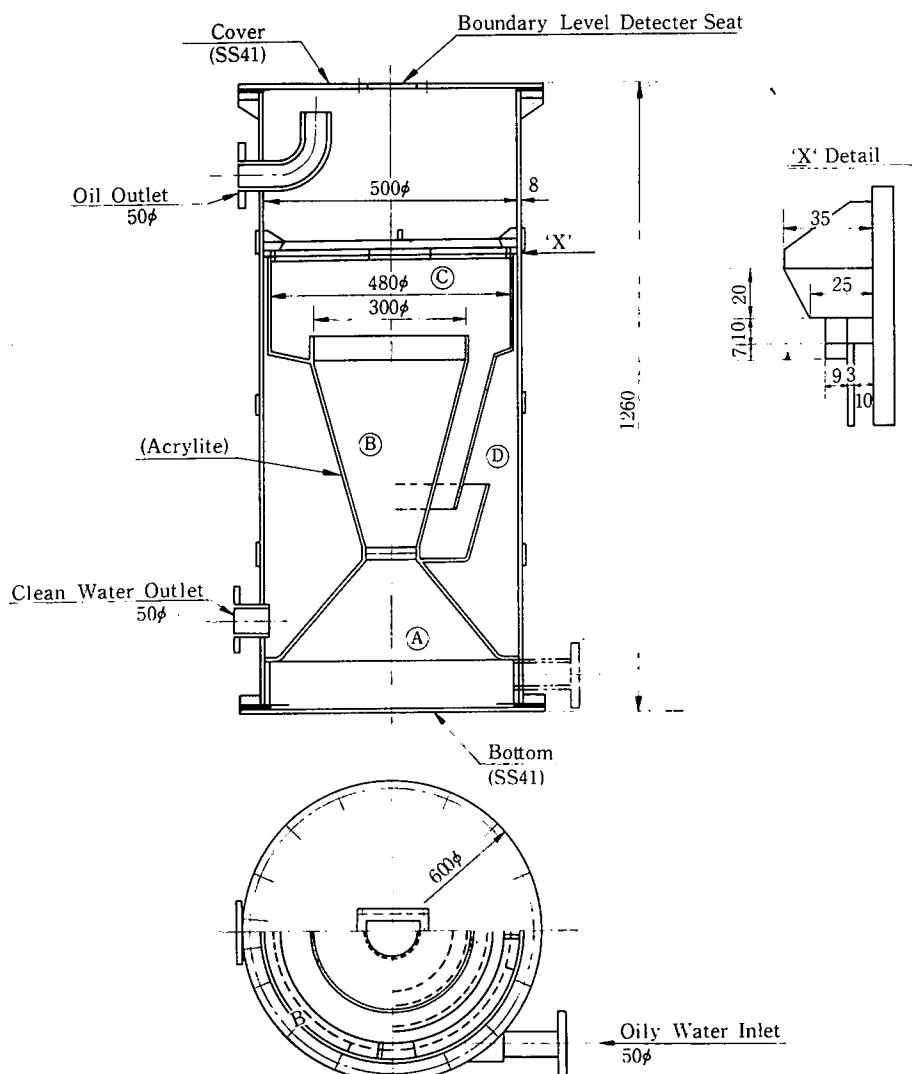


Fig. 4-3 Oil-Water Separator by Method of Eddy Current

ンサーとして働き、水面が近づくと発振素子の定数を変えることにより発振を止め油水面を検出する。

この型は、電極の絶縁被膜も不要、かつ油による汚れにも強く永年変化が最も少ないと考えられ、今回はこの型を採用した。

#### (a) 構成

本装置は Fig. 4·4 のように

- ① 油水面検出電極 上限下限用各1基
- ② 油水面検出器 上限下限用各1基
- ③ 油排出弁

より成り、油水面が下限電極に達すると、排出弁が開き油水面が上限電極に達すると弁が閉じて、常に両電極間に油水面が位置するように自動的に排出弁を開閉する。

#### (b) 油水面検出電極

直径 30 mm, 厚さ 1 mm の真鍮の円板を径 6 mm の丸棒の先につけて良絶縁体の合成樹脂製取付具にて分離し横の天井より下向きに取付けてある(Fig. 4·5)。

今回は、油水面の設定範囲を可変にするために、このような形となったが、将来は Fig. 4·6 のように分離槽の側面に取付ける形にしたほうが容積もとらずによいと思う。

また、電極にふれても危険はないが、誤動作をするから防塵カバーをするのが望ましい。検出器との間の結線は同軸ケーブルを使用する必要がある。

#### (c) 油水面検出器

長時間連続使用、長寿命、小型軽量等の点により、全トランジスタ式にした。

回路はコルピッツ発振回路のエミッタに検出電極をつなぎ、油水面が電極に達すると、アースとの間の静電容量が増大し、または短絡のため発振が停止する。

その On-Off で後段の増巾回路を通して排出弁開閉のリレーを動作させる(Fig. 4·7)。

リレーはチャッタリング防止のためマイクロスイッチ機構のものを、また、誤動作防止のため 1

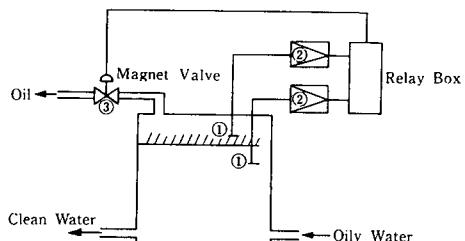


Fig. 4·4 Automatic Oil Discharge Device

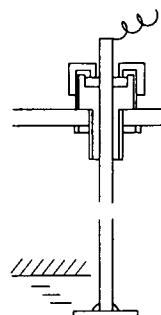


Fig. 4·5 Fitting of Boundary Level Detectable Electrode

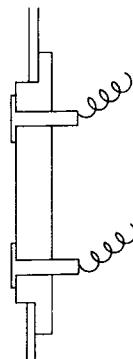


Fig. 4·6 Another Fitting of Boundary Level Detectable Electrode

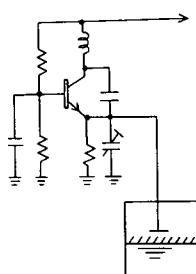


Fig. 4·7 Boundary Level Detector Circuit

秒程度のローパスフィルタをつけてある。

電源断の場合は弁が閉じるようになっている。また、電源圧変動を考え、定電圧装置を内臓している。

#### (b) 排出弁

大量に油が入った場合を考え、径 50 mm の電磁弁を使用している。

### 4.2 実験方法および装置

船舶に使用される油の種類は多い上、その混合状態はいろいろである。油水分離器の性能は油の種類、油水の混合状態によって著しい相違を生じるから実験に当っては、いかなる方法で混合するかが重要な問題になる。今回の実験では次の 3 種類の実験方法を用いた。

#### 4.2.1 実験方法 "A"

本実験装置は Fig. 4.8 に示すとおりで、油タンクの中の油は、ポンプ吸込側より清水中に混合させて吸入させる。油水分離器で分離させた油は再び油タンクに返すようにしてある。

##### (i) 使用油 A重油

(ii) 油水混合割合 A重油(3%) + 清水(97%) [アンケートの結果による。]

(iii) 液温 常温および加熱 (30~40°C)

(iv) 流量変化 3 m³/hr, 5 m³/hr, 8 m³/hr の 3 点

(v) 使用ポンプ ギヤーポンプ (5 m³/hr × 30m × 1450rpm) およびセントルポンプ (5 m³/hr × 10m × 2900rpm)

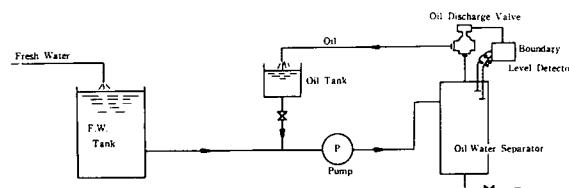


Fig. 4.8 Experimental Arrangement for Oil-Water Separator (Method "A")

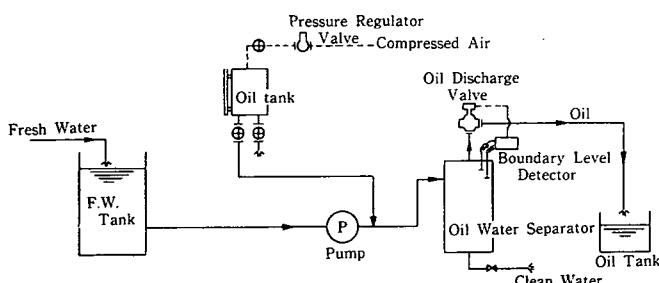


Fig. 4.9 Experimental Arrangement for Oil-Water Separator (Method "B")

#### 4.2.2 実験方法 "B"

本装置は Fig. 4-9 に示すとおりで、一定圧力に保持されている油タンクより規定の油水混合率になるよう弁を調整してポンプの吐出側に混入する。整定状態（約 5 分間）になった後、分離装置出口に設けられたサンプリング弁より試料を取る。

- (イ) 使 用 油 A重油
- (ロ) 液 温 常温
- (ハ) 流 量 变 化  $2 \text{ m}^3/\text{hr}$ ,  $3 \text{ m}^3/\text{hr}$ ,  $4 \text{ m}^3/\text{hr}$  の 3 点
- (乙) 使用ポンプ セントルポンプ ( $5 \text{ m}^3/\text{hr} \times 10\text{m} \times 2900\text{rpm}$ )

#### 4.2.3 実験方法準 M. O. T.

$5 \text{ m}^3$  タンクに 5 % の油 (C重油) を注入し、タンク上方より 3 時間以内でタンクが満水するように一定の割合で清水を注入する。タンク満水と同時にセントルポンプ ( $5 \text{ m}^3/\text{hr} \times 10\text{m}$ ) にてタンク中央部底面に設けたサクションウェルより油水混合液をセパレータに送り油水を分離する。ポンプ稼動後 15 分、30 分、40 分、50 分、55 分 の 5 点について水出口管に取り付けたサンプリングコックより試料を採取する。

- (イ) 使 用 油 C重油
- (ロ) 油水混合割合 C重油 (5 %) + 清水 (95 %)
- (ハ) 液 温 常温
- (乙) 流 量  $5 \text{ m}^3/\text{hr}$
- (ホ) 使用ポンプ セントルポンプ ( $5 \text{ m}^3/\text{hr} \times 10\text{m} \times 2900\text{rpm}$ )

参考のために M. O. T. 試験規則の概要を示せば次のとおりである。

- (1) 油水混合タンクの大きさはセパレータの 1 時間の容量であること。
- (1) 油水混合タンクの水平断面は円形または角で液面の高さは、巾または直径以内であること。
- (3) 使用油は比重  $0.95$  ( $60^\circ\text{F}$ ) 以上、粘度 Red. No. 1 にて  $1500 \sim 2000$  ( $100^\circ\text{F}$ ) のもの。
- (4) 混合油量は (A) 5 % の油 (B) 25 % の油 の 2 種類につきテストすること。
- (5) 作動は、まずタンクに油を入れておいてその上から水を 3 時間以内で満水し、満水と同時にポンプによりセパレータに混合液を送る。
- (6) サンプリング

混合油量により、以下のサンプリングを行なう。

TEST (A) の場合	TEST (B) の場合
(1) 15 分後	(1) 10 分後
(2) 30 "	(2) 20 "
(3) 40 "	(3) 30 "
(4) 50 "	(4) 40 "
(5) 55 "	

#### (7) 成 績

どのサンプリングも  $50 \text{ rpm}$  以下であること。

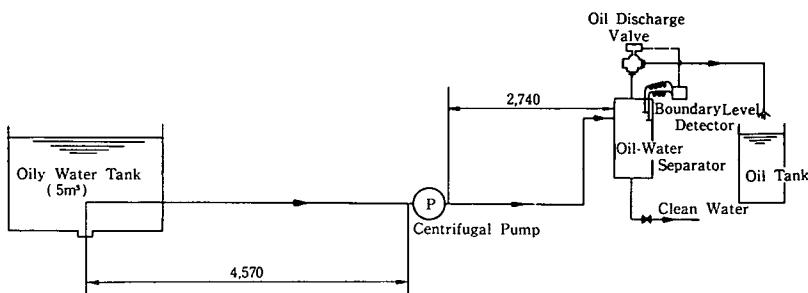


Fig. 4-10 Experimental Arrangement for Oil-Water Separator (Method M.O.T.)

#### 4・3 実験結果

##### 4・3・1 実験方法“A”による結果

Table 4-1 Specific Gravity Difference Method (By Gear Pump)

Flow (m³/h)	Oil Content		Pressure (kg/cm²)			Temperature (°C)			Oil Content in Clean Water (ppm)
	(l/h)	(%)	Pump Suction (mm Hg)	Pump Delivery	Separator	F. W. Tank	Separator	Atmosph- ere	
2.96	80.8	2.73	20	0.4	0.3	8.5	8.5	9	9.7
4.81	116.0	2.42	20	0.5	0.32	8.5	8.5	9	84.6
7.93	181.5	2.39	50	0.9	0.52	9.5	9.5	10	277
2.90	89.8	3.09	20	0.4	0.28	37	37	10	11
5.71	144.8	2.54	20	0.47	0.29	37	37	10	53.5
7.66	209.5	2.74	20	0.6	0.27	37	37	10	79.5

Table 4-2 Specific Gravity Difference Method (By Centrifugal Pump)

Flow (m³/h)	Oil Content		Pressure (kg/cm²)			Temperature (°C)			Oil Content in Clean Water (ppm)
	(l/h)	(%)	Pump Suction	Pump Delivery	Separator	F. W. Tank	Separator	Atmosph- ere	
2.84	56.8	2.0	/	0.4	0.32	7.5	7.5	7	31
4.97	98.5	1.98	/	0.5	0.28	7.5	7.5	8	21
6.56	128.0	1.96	/	0.7	0.28	7.5	7.5	8	311
3.08	86.2	2.8	/	0.6	0.5	42	40	17	14
4.93	135.8	2.75	/	0.7	0.5	42	40	17	49
9	212.0	2.39	/	1.0	0.5	42	37.5	17	50

#### 4.3.2 実験方法 “B” による結果

Table 4・3 Eddy Current Method (By Centrifugal Pump)

Flow of Water (m <sup>3</sup> /h)	Flow of Oil (l/h)	Oil Content in Oily Water (%)	Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )			Temperature (°C)			Oil Content in Clean Water (ppm)
			Pump Delivery	Separator	Oil Tank	F. W. Tank	Separator	Atmosphere	
1.94	135.8	6.56	0.3	0.2	1.40	20	20	23	19
1.98	239.0	10.80	0.3	0.2	1.40	20	20	23	25
3.00	57.6	1.88	0.3	0.2	1.60	17	17	19	149
3.00	98.8	3.19	0.3	0.2	1.40	17	17	19	213
3.91	78.5	1.92	0.3	0.2	1.45	20	20	22	378

#### 4・3・3 実験方法 M. O. T. による結果

Table. 4・4 Specific Gravity Difference Method (By Centrifugal Pump)

Time Elapsed (min)	Flow (m <sup>3</sup> /h)	Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )		Temperature (°C)			Oil Content in Clean Water (ppm)
		Pump Delivery	Separator	Tank	Separator	Atmosphere	
15	5	1.2	1.0	25	24.8	24.5	2
30	5	1.2	1.0	25	24.8	24.5	2
40	5	1.2	1.0	25	24.8	24.5	2
50	5	1.2	1.0	25	24.8	24.5	2
55	5	1.2	1.0	25	24.8	24.5	2

Table 4・5 Eddy Current Method (By Centrifugal Pump)

Time	Time Elapsed (min)	Flow (m <sup>3</sup> /h)	Oil Content in Oily Water (%)	Pressure (kg/cm <sup>2</sup> )		Temperature (°C)			Oil Content in Clean Water (ppm)
				Pump Delivery	Separator	Tank	Separator	Atmosphere	
11°-00'		5	5	1.2	0.3	26	26	24	
11°-15'	15	5	5	1.2	0.3	26	26	24	9
11°-30'	30	5	5	1.2	0.3	26	26	24	14
11°-40'	40	5	5	1.2	0.3	26	26	24	14
11°-50'	50	5	5	1.2	0.3	25.5	25.5	25	14
11°-55'	55	5	5	1.2	0.5	25.5	25.5	25	14

## 4・4 実験結果の検討

### 4・4・1 実験方法“A”による結果の検討

ポンプ吸入口にA重油3%を吸込ませた本方法によると、使用ポンプ回転数が高いので、油水分離器入口の混合液の油滴は非常に小さくエマルジョン状をていしている。渦流式では分離できなかったが、油滴拡大流通壁を設けた比重差式ではた応前記試験結果のごとく、計画点以下では成積良好であった。

なお、温度は高い方が有利であった。

### 4・4・2 実験方法“B”による結果の検討

ポンプ吐出側と分離器の間に油を注入し、ポンプによる油滴細分の影響をなくした装置により、実験方法“A”では分離効果の少なかった渦流式分離方法の効果を調査した。写真観察によると各流量における分離器入口での油粒分布状態は、ほぼ次の範囲にわたっていた。

2 m<sup>3</sup>/hr の場合 1.5 mm ~ 0.5 mm (分布頻度最大 1.0 mm)

3 " " 1.0 mm ~ 0.1 mm (" 0.5 mm)

4 " " 0.6 mm ~ 0.05 mm (" 0.2 mm)

結果としては低容量では良好であったが、2.5 m/hr 以上の容量ではあまり良好でなかった。これは、この程度の渦流では油水の分離が十分でないことがわかったが、油水の初期分離に対しては、一

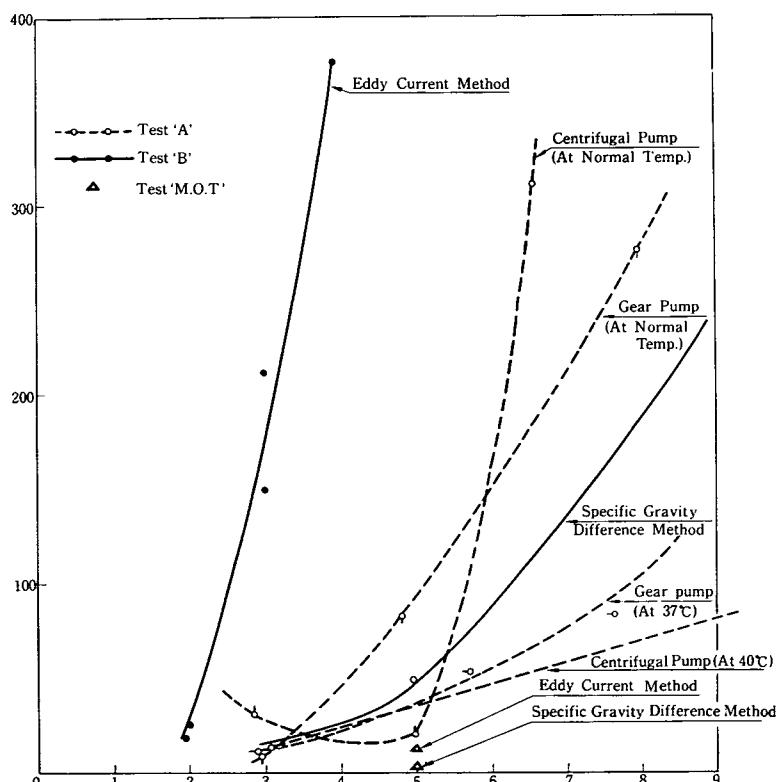


Fig. 4-11 Results of Various Tests

考する必要があると思われる。

#### 4.4.3 実験方法 M. O. T. による結果の検討

本実験方法による結果は、渦流式も比重差式も成績が良好であった。これは入口の混合液の油分の少ないこと、最後の油層を吸引する前に試験を終了するという2つの理由によると思われる。

なお、計画容量  $5 \text{ m}^3/\text{hr}$  の点で、各実験方法による結果を比較すると次のとくなる。

Table 4-6 Efficiency of Separator in Various Test Methods

Type of Sparator Method of Test	Eddy Current Type	Specific Gravity Difference Type
Method "A"	Inseparable	About 50 ppm
Method "B"	About 380ppm (At About $4\text{m}^3/\text{h}$ Flow)	
Method "M.O.T."	About 14ppm	2 ppm

## 第5章 実船実験

模型試験において良好な成績を納めた比重差式について、模型と同様の構造の鋼製油水分離器を作製し、浅野ドック曳船“たちばな丸”に搭載して性能試験を行なった。

### 5・1 実験方法および装置

Fig. 5・1 の油水分離器を試作し、これに Fig. 5・2 の戸器を取り付け、Fig. 5・4 の装置により Fig. 5・3 に示すⒶおよびⒷの2区域のビルジについて、特に下記の点に注意して性能試験を行なった。

Table 5・1 Principal Items of Tugboat “Tachibana Maru”

Hull	Gross Ton		190.2 ton
	Length Between Perpendiculars × Breadth × Depth		28.960m × 7.010m × 3.660m
	Age of Ship		45 Years
Main Engine	Type and Number		2-Vertical Surface Condensation Type, 2
	Brake Horse Power × Revolution		836 ps (Total) × 132 rpm
Boiler	Type and Combustion Method		Cylindrical Marine Boiler, Jet Combustion
	Diameter × Length		4,600 mm × 2,600 mm
Machinery in Engine Room	Generator	Engine	Vertical Steam Engine
		Generator	D. C. 5 kW.
	Condenser		Surface Condenser (Total Cooling Surface) (Area=44.04 m <sup>2</sup> , 2 Sets)
	Main Feed Water Pump		Centrifugal Pump Directly Connected with Engine, 2 Sets
	Auxiliary Feed Water Pump		Vertical Worthington Pump, 12 m <sup>3</sup> /h 1 Set
	Fan		Vertical, Single Action, Forced Lubrication (17 ips 450 rpm 1 Set)
	Heavy Oil Jet Pump		Horizontal Worthington Pump, 1 m <sup>3</sup> /h 1 Set
	General Use Pump		Horizontal Worthington Pump, 16 m <sup>3</sup> /h 1 Set
	Fire and Relief Pump		Horizontal Worthington Pump, 120 m <sup>3</sup> /h, 1 Set
	Bilge Pump	Type and Capacity	Vertical Worthington pump, 50 m <sup>3</sup> /h.
		Steam Cylinder Dia. × Pump Dia. × Stroke × No. of Double Stroke	165 mm × 184 mm × 152.4 mm × 60/min
		Steam Pressure	7.03 kg/cm <sup>2</sup>

(イ) ピルジ吸引時の油、スラッジ、およびエマルジョンの量の変化。

(ロ) 沖材が目づまりを起こした際の海水による逆流洗滌の効果。

(ハ) 自動排油装置の作動状況。

また、試験中予想以上に沖材の目づまりがはなはだしく、油水分離器前に沖器を設けて試験を続行した。

一般にピルジ吸引の最終段階においては、ポンプが空気を吸込んでピルジ排出が不可能となる。この場合に海水吸入弁を開いて、海水とともにピルジ上層油分を除々に排出することができるから性能試験の方法として次の(A)および(B)の方法で実施することとした。

(A)の方法

ピルジ吸引口より空気を吸入してピルジ排出不可能となるまでの性能。

(B)の方法

海水吸入弁を開いて、海水とともにピルジ上層油分を除々に排出した場合の性能。

### 5.1.1 各種要目

実船実験に使用した、たばな丸の主要目は Table 5・1 に、油水分離器の主要目は Table 5・2 に示すとおりである。

(イ) たばな丸主要目

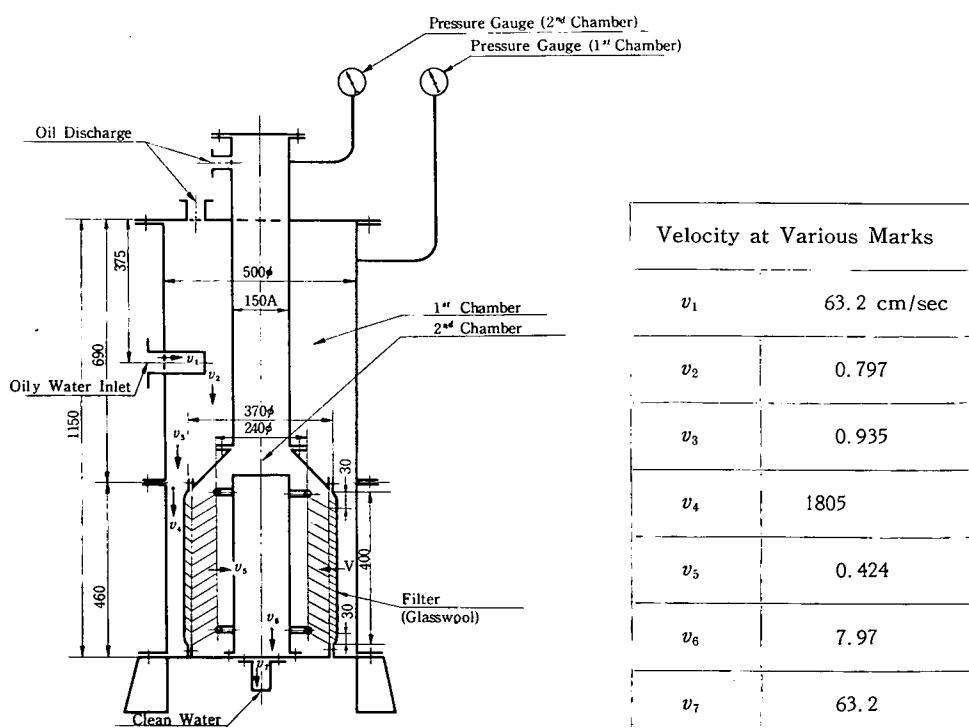


Fig. 5・1 Structure of Oil-Water Separator

(ロ) 油水分離器の構造および主要目

Table 5·2 Principal Items of Oil-Water Separator

Flow	5 m <sup>3</sup> /hr
Total Area of Filter	$S = 37\pi(12 \times 3 + 5) = 4760 \text{ cm}^2$
Ratio of Net Aea to Total Area	$\eta = 1 - \frac{2 \times 4 \times 0.711(50.8 - 2 \times 4 \times 0.711)}{645} = 0.604$
Net Area	$S' = S \times \eta = 4760 \times 0.604 = 2885 \text{ cm}^2$
Velocity of Passing Through Filter	$V = 1390 / 2885 = 0.484 \text{ cm/sec}$

(iv) 沖器主要目

沖筒は Fig. 5·2 のごとく、 $175\phi \times 300$  で筒内面4メッシュ、外面4メッシュのステンレス金網を円周方向4個所に支え板で合せ付けたものである。

本実験では、上記沖筒の内面にテトロン布（穴径約  $100\mu$ ）を張付けて使用した。

本沖器の沖筒と J I S 船用 100 油沖の沖筒の有効面積を比較すると次のとおりである。

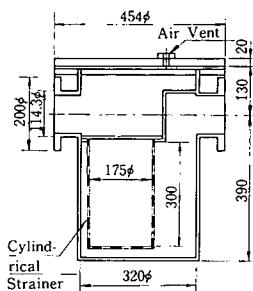


Fig. 5·2 Structure of Filter

Table 5·3 Principal Items of Strainer

	Organization	Dia. × Height	Net Area
Strainer in This Test	4 Mesh Wire Netting and Supporter	$175\phi \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$	$1210 \text{ cm}^2$
JIS Marine Strainer of Oil	Plate Having Holes Dia. $12\phi \text{ mm}$ , Pitch 15mm	$205\phi \text{ mm} \times 334 \text{ mm}$	$1020 \text{ cm}^2$

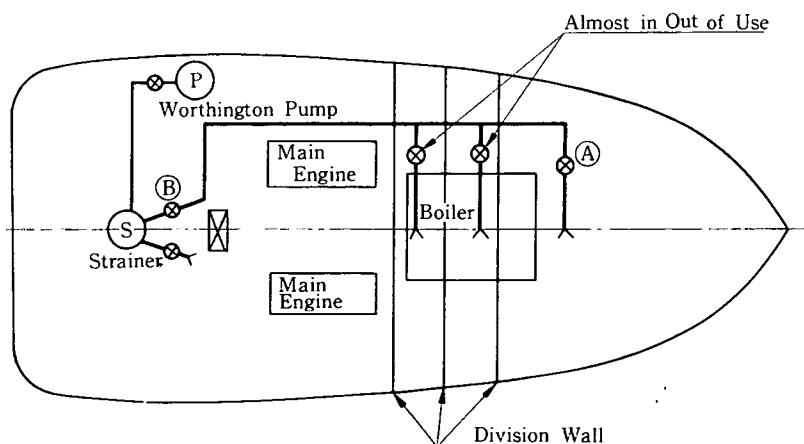


Fig. 5·3 Piping Arrangement in Test Ship

本実験では沪筒内面に40メッシュ金網を使用し、有効面積は  $436 \text{ cm}^2$  であった。J I S 船用油沪の沪筒内面に32メッシュ金網を装備すると有効面積は  $513 \text{ cm}^2$  となる。

### 5.1.2 配管説明

本船のビルジ吸引口は Fig. 5-3 のごとくⒶとⒷと2個所あり、各吸入ビルジは高さ 300 mm のコーミングにより分割されており、特に船体の動搖はなはだしい時以外は交流せず、またⒶより吸入する区域には燃料タンクおよびボイラ燃料装置よりの漏油および缶用送風機、レシプロ機関よりの少量の潤滑油のみで水は溜らず、ビルジ排除は特別の時以外は行なっていない。そこでⒶよりのビルジに対しては、海水を本区域に適当量除々に注入して実施することとした。Ⓑより吸引するビルジは主として海水、清水および潤滑油の混合、すなわちウォーターサービスおよび軸グランドからの海水、ボイラー水、清水の漏洩および主機の潤滑油から成立っている。また特に本船においては缶の水面計よりⒷ区域のビルジにブローすることがあり、その場合にはスラッジが急増していた。

## 5.2 実験結果

### 5.2.1 ビルジの性状について

本実験においては、曳航時、停泊時、ともビルジ中の油水の状態はⒶ区域についてもⒷ区域についても油分は上層のみに分離して存在していて多少の動搖ではあまり攪拌されなかった。

エマルジョンについてはⒷ区域に多少存在していた。スラッジについては時期により異っていたが特にⒷ区域に水との比重差の少ない微細なものが多数存在していた。これはボイラー水を時々ビルジに落すためと思われる。

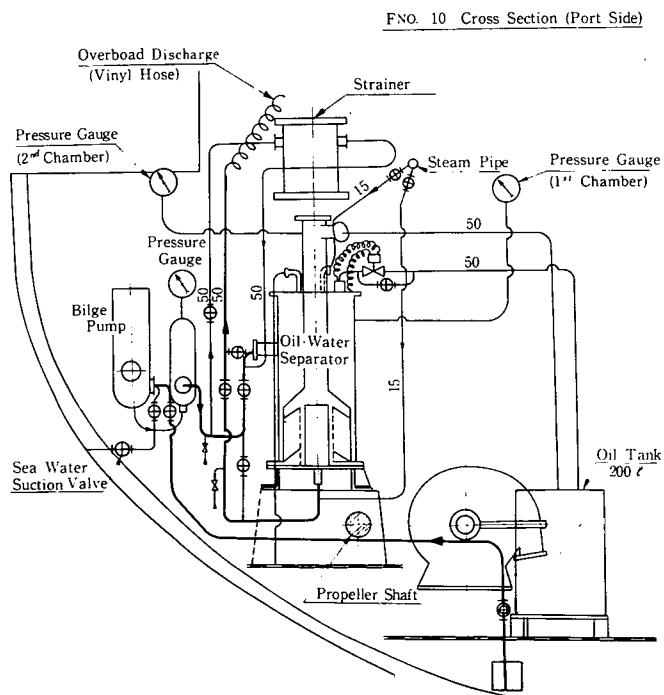


Fig. 5-4 Oil-Water Separator Arrangement

### 5.2.2 逆洗状況および自動排油装置

沪材が目づまりを起した場合、海水にて逆流洗滌すると短時間で洗滌される。

自動排油装置はビルジ中の油量が少なかったので、作動の機会があまりなく耐久性を確認するまでには至らなかった。

### 5.2.3 油水分離性能について

スラッジによる沪材の目づまりで沪材（グラスウール）が破損しないように第1、第2分離室の圧力差を $1\text{ kg/cm}^2$ 以内に保持せしめるよう容量を加減して実験を行なったが、初め容量 $5\text{ t/hr}$ でスタートしたが、スラッジの多い時は約3分、少ない時は約60分で容量を $1\text{ t hr}$ 以下にせざるを得なかった。

分離器前にFig. 5-2に示す鋼製沪器を装備したが、この場合容量を減らして連続20~30分で沪器の圧力は $2\text{ kg/cm}^2$ に達した。

性能は目づまりの状況により変化が多かったが、ほぼTable 5.4のような成績であった。

Table 5-4 Test Result

Testing Method	Result (ppm)		Flow (t/h)
Without Filter	A	Less Than 50	2~3
	B	120~220	1~2
With Filter	A	5~10	About 1
	B	10~50	About 1

### 5.3 実験結果の検討

全般に容量が減少しているにもかかわらず、性能を発揮できなかつたのはスラッジによる目づまりの影響であると思う。

試験方法“A”の場合の方が“B”の場合より成績がよいのは模型実験の時と同じくM.O.T.の試験方法に近いためと思われる。

## 第6章 結論

2年間にわたってビルジの量および性状の調査から始めて、現用油水分離器の性能調査、油水分離におよぼすポンプ性能の影響、沪材の性能、油水分離方式の調査、自動油排出装置、油分警報装置の試験等基礎的な調査研究を行なった。これと併行して模型装置を試作し、小型透明油水分離器によって、その性能を試験しつつ改善を図った。試験の結果良好であった比重差式を実船に装置し試験した。

### (イ) ビルジの量と性状

ビルジの量は、航海中 2～7 t/day、停泊中 0.5 t/day 程度のものが多く、ビルジの油含有量は 1～5 % で最大 10 % であった。

### (ロ) ポンプの形式および油の種類による影響

ポンプの形式および油の種類によるエマルジョン生成状況には非常に差があった。なお、弁、配管の状態、ポンプの回転数、また、油温の変化によってもエマルジョンの発生状況に差異がある。

### (ハ) 油滴拡大用沪材

沪材は、油水分離器の性能を左右する重要な 1 つの要素であるからその選定に努めたかが、決定的な結論をうるまでには至らなかった。現在までの実験で 2～3 実用しうるものはあるが、なお今後も確実の必要があることがわかった。

### (ニ) 油分離器

平穀な状態では、ビルジタンク内では油水は分離しているが、荒天等による動搖やポンプ、管系を通過するうちに一部はエマルジョン化する。粒径の大きい油滴は比重差式でも渦流式でも容易に分離できるが、 $0.25\text{ mm}$  以下の程度の細粒は沪材等により油滴を拡大しないと分離し難い。しかし、全油分を沪材を通すと抵抗が著しく大きくなるから、あらかじめ大粒の油を分離したものを沪材にとおし、油滴を拡大し分離する方式のものがよい。

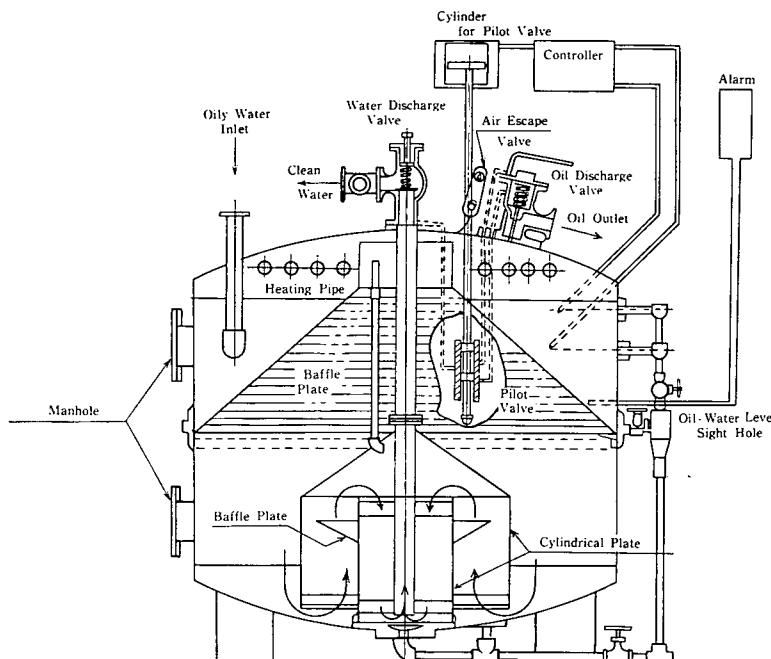
### (ホ) 実船実験の状況

ビルジに含有されるスラッジの量は予想以上に多く、油水分離器の沪材に目づまりを起し、性能が低下したからポンプや配管に対し注意するとともに、油水分離器の油水混合液入口前に長時間使用しうる容量の沪器等スラッジ除去装置を設ける必要がある。

## 付 錄 油水分離器の構造と作動

### 1 Nagoya Victor

#### 1.1 構 造



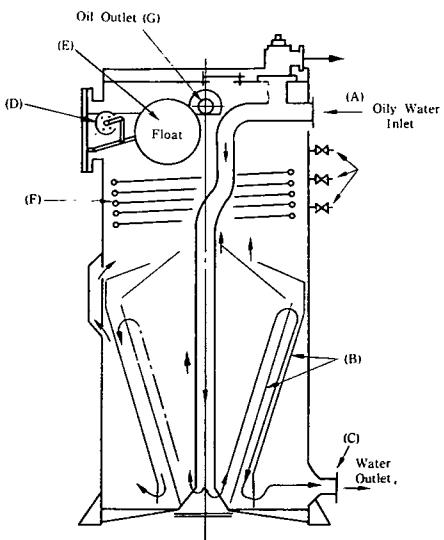
(1) Nagoya Victor

#### 1.2 作 動

油濁水は容器上部の供給管より円周方向に導入され、旋回運動する間に大部分は分離浮上する。コーン型整流板を通過して整流された水の沈降過程において残余の油分は浮上分離される。なお分離されず残ったごくわずかの小粒子の油分を含む水は外筒、内筒を通る過程において急激な方向転換を受け、油粒は結合の機会を得て分離される。

### 2 Turbulo

#### 2.1 構 造



(2) Turbulo

#### 2.2 作 動

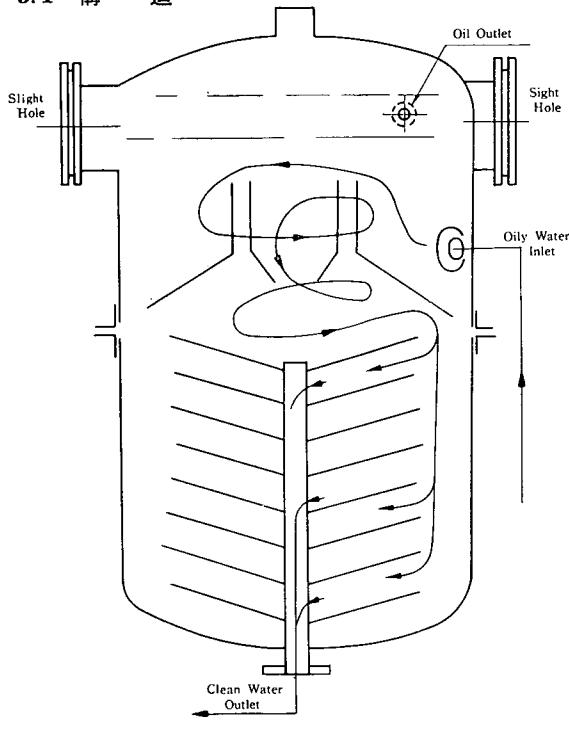
ポンプから送られたビルジが図中油水入口(A)から入り、邪魔板(B)を通って、水出口(C)から排出される。

その際、油滴は浮上してタンク上面に溜る油滴の浮上を促進するため、タンク上面には加熱蒸気管(F)を配置する。溜った油は油出口(G)に接続している弁を開いて排出する。

また、液中の分解した空気はタンク上面でエヤークッションの働きをするので、もし過剰の空気があればフロート(E)に作用して、弁(D)を自動的に開閉する。

### 3 Entöler

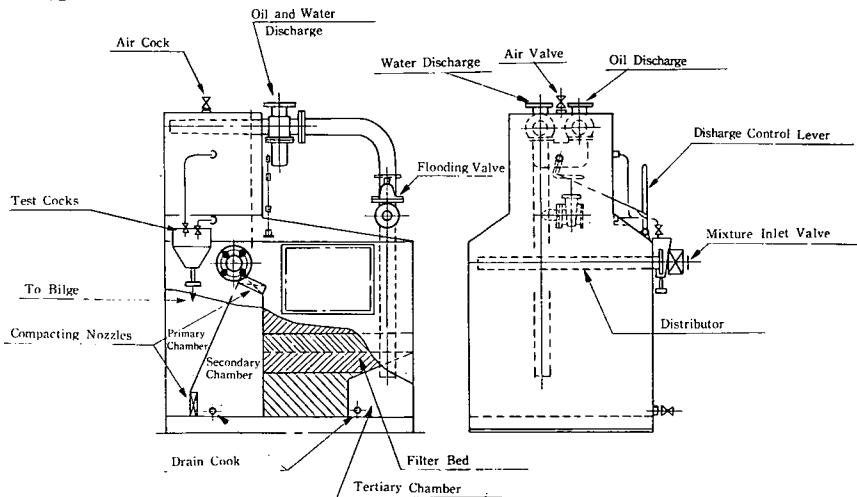
#### 3.1 構造



(3) Entöler

### 4 White

#### 4.1 構造



(4) White

#### 4.2 作動

油と水の混合液は、ポンプにより分配管に刻み込まれたスリットをとおり第1区画に入ってくる。ここで浮上し、大きい油滴が水面に溜り、ここで90~95%の油は取り除かれる。残った液中の油は第1区画の下部にあるノズルをとおる際に大きく成長し、水と分れやすくなる。第2区画を出る時にも同様にノズルをとおって水と分れ上部に浮上する。かくして第3区画に入るが、その前にフィルターベッドをとおる。ここをとおる液は方向を変えるので、残留のごくわづかな油分は放棄されこの区画

### 3.2 作動

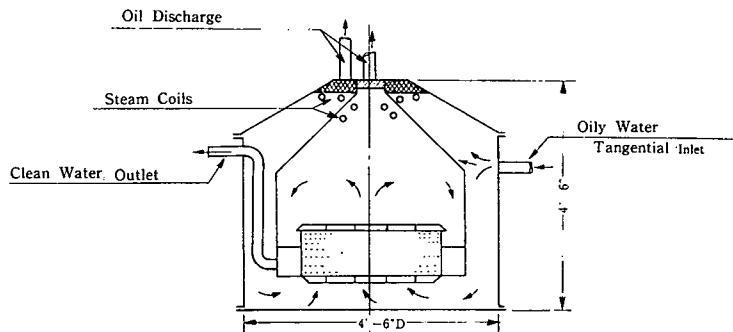
液体サイクロンの理に基づき、まづ容器入口より接線方向に入ってきた液中の大粒の油滴は浮力によりそのまま水面上に浮上し、小粒のものは数段に仕切られた逆陣笠状の邪魔板間を通過する間に小粒が集まって大粒となり、浮力を大にして水面上に浮上する。

の上面から上部の切換弁を経て排水する。

適用される液の状態；油 25~75%，海水 75~25% 性能；清浄可能油含有率 1.7 p. p. m.

## 5 D. S. I. R (英式)

### 5.1 構 造



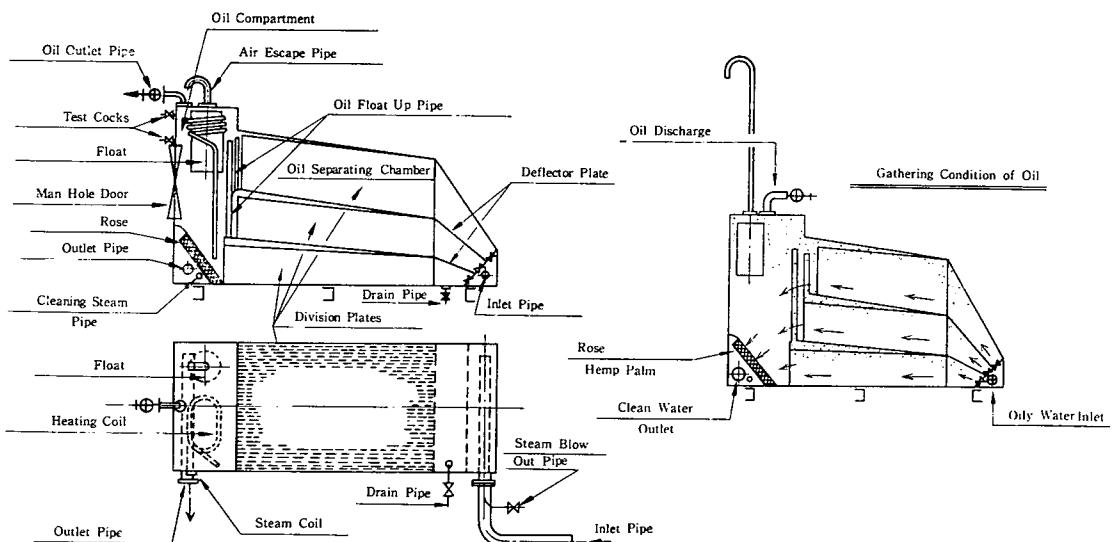
(4) D. S. I. R (英式)

### 5.2 作 動 (英式)

タンクに入った油水混合液は第1段階では外側のコンパートメントで油は浮力によって表面に浮び上る。水は第2のタンクに入るが、その際に小石を入れた沪器をとおって大きな粒となって天井に浮ぶ。各タンクの天井に浮いた油は電気式検定器で検出される。この検定器は油面が一定のレベルになると吐出弁が開いて油が排出されるようになっている。油の浮上速度を高めるため各タンクの上部には加熱蒸気管を配列してある。

## 6 加 藤 式

### 6.1 構 造



(6) 加 藤 式

### 6.2 作 動

Deflector plate により上下3段にわかれた各 Chamber に油水混合液が入り、急激な速度下降とともにいわゆる層流状態となって、縦に細かく仕切られた分離板の間を流れるうちに、油分は比重差

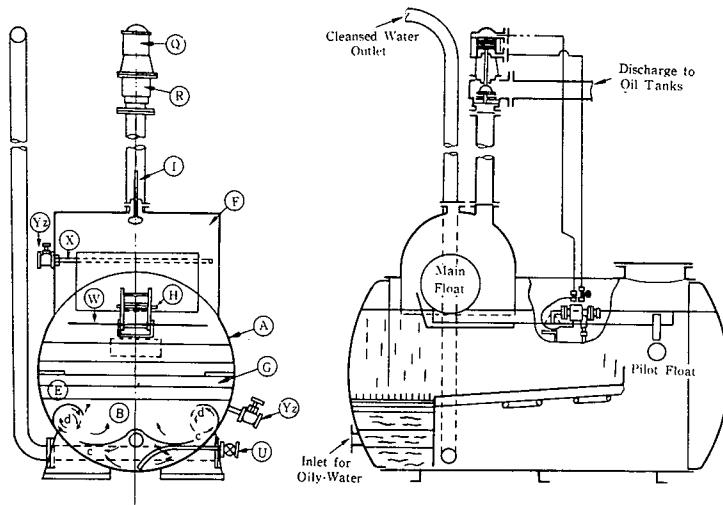
で上方に浮び、微粒子は粘性のため分離板に附着する。かくして、油の粒はその濃度容積を増加して Oil float up pipe により Oil Compartment に集り Outlet pipe により器外に排出される。

分離された水は Rose (D) により戻過され器外に出る。

Rose には、水および油に作用を起さず、腐蝕されない棕櫚毛を満たしてある。

## 7 Autosep

### 7.1 構 造



(7) Autosep

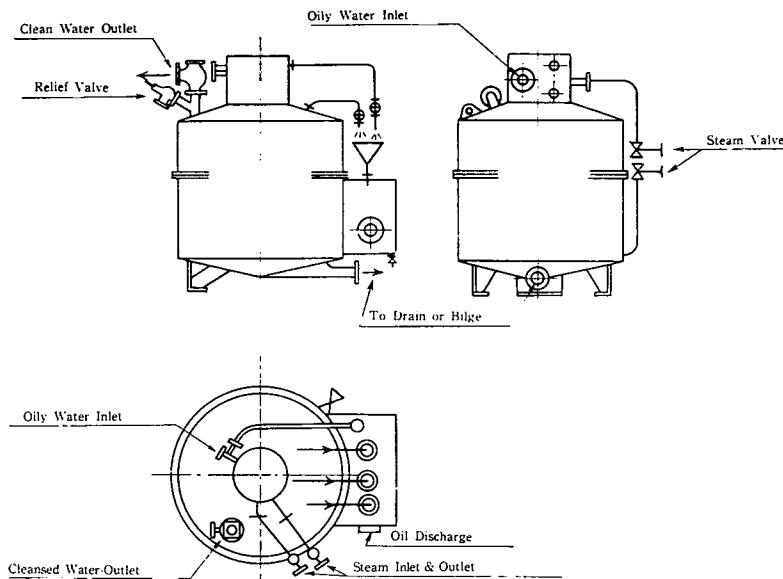
### 7.2 作 動

油水混合液の流入速度を利用し、器内に入るとすぐ両側にわかれ、旋回させる邪魔板 (D) の中で油滴を大きくし、回転中心から水と分れて(E)板の間をとおり、油溜 (F) に浮上する。この作動において油分の99%を取除くことができる。なお残りの僅かな油を取り除くため、水平隔壁(G)の上を静かに流れ、邪魔板(H)により上向きに流れ油滴に浮力をもたせて分離させ、次に下向きに流れ隔壁(G)の下側の室に沿い、下部邪魔板(H. I)をとおる。前のような理由で分離させ、浄化された水は (J)の水出口から器外に排出される。一方、油滴は邪魔板 (H. I) で水と分れて G 板の下面に設けられた(X. I) の Heating Coil により油滴の結合と浮力を増し、胴体の上部に浮上する。油溜(F)内にも Heating Coil (X) が設けられている。

自動油排出装置：共通挺子に取付けられた主およびパイロット浮子。蒸気制御ピストン弁。動力作動油排出弁となりフロートの作動により排出弁の開閉を蒸気または空気運動で行なう。

## 8 Comyn

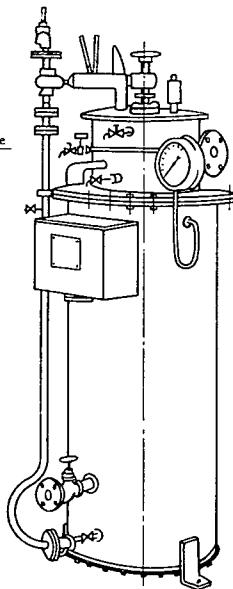
### 8.1 構 造



(8) Comyn (12 t/hr~150 t/hr)

## 9 Comyn

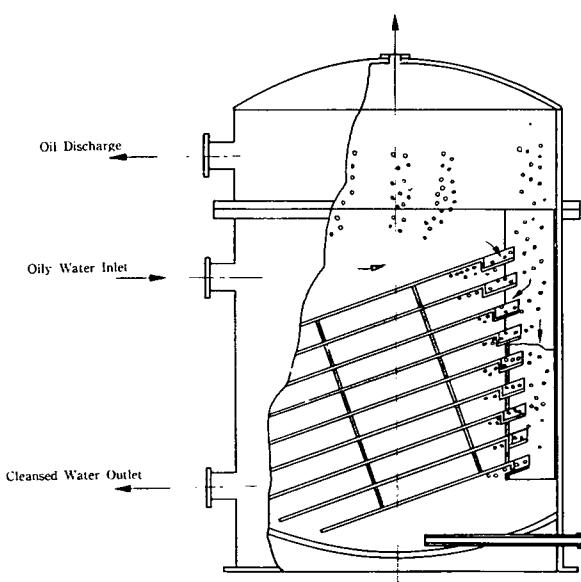
### 9.1 構 造



(9) Comyn (1 t/hr~ 5 t/hr)

## 10 Akers

### 10.1 構 造



(10) Akers

### 10.2 作 動

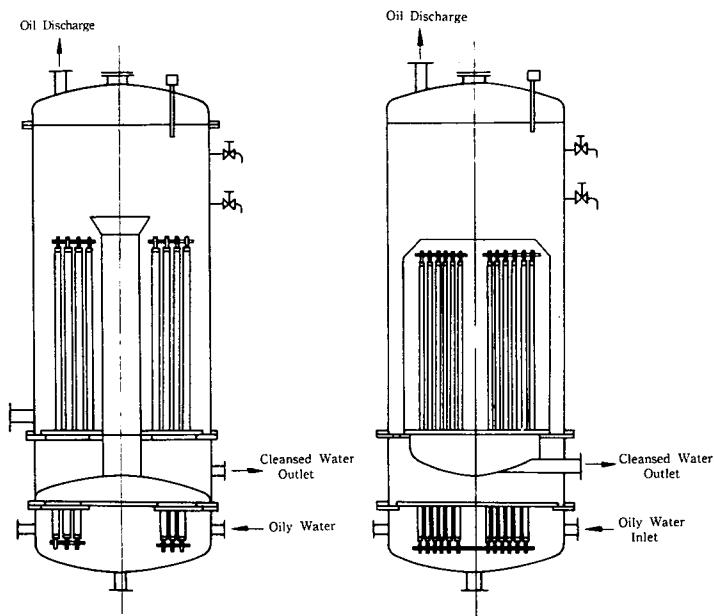
給水入口より入った混合液は入口において大粒の油は上昇し、小粒の油は下方第2分離室に入り多数の仕切板を通過する際仕切板上に浮上し、仕切板端の油集合部より垂直油上昇管に集合し浮上して分離する。

水は仕切板にそって下り水出口より吐出する。

ポンプはピストン型のポンプを使用する。

## 11 Rellumit

### 11.1 構造



(11) Rellumit

### 11.2 作動

毛細管の円柱群を内蔵した2箇の胴体から成っている。その各々の同柱は溝を切ったレルミットフイポカと称するナイロンワッシャで形成されており、一方の胴体に入っているワッシャは細い溝が、他の胴体に入っているワッシャには目の粗い溝が切ってある。

目の粗い胴体は第1段の油分離作用として働き、逆止弁をとおって一定圧力下に油水混合液が入ってくる。そして第1段円柱に流れ込んでくる。そこでは予備的な水と油の分離作用が起る。

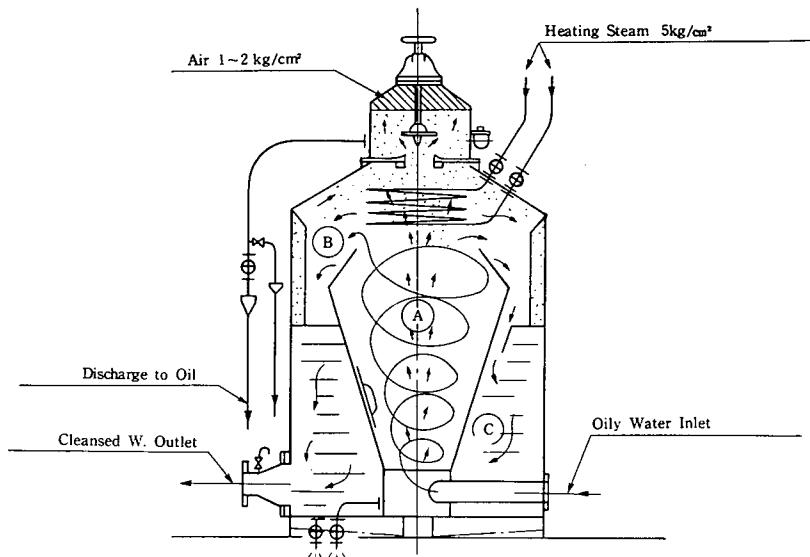
分離された油は器の上部に流れて行き、第1段の流れで残った水と乳状の水は第2段の毛細管円柱に流れてくる。圧送された油と水は非常に多くの円柱の溝に直面すると油は外面に附着し、水は円柱が正しい大きさでできており、入口と出口の間の正しい圧力差を持つ溝をとおって通過して行く。この現象は第2段階にも使われる。

あらかじめセットされた圧力差動弁は、入口と出口の圧力が正規の水位にあるごとく調整される。そして第2段階で細かに溝を刻まれた数多くの円柱は、この部分を水だけとおぼすようにできており、たとえ微細な粒子は外縁にくっつきここで凝固し上昇する。

性能 15 p. p. m.

## 12 Uraga

### 12.1 構造



(12) Uraga

### 12.2 作動

本分離器は圧力タンクと同様に、分離器上部に空気室を設け、同空気室内の空気量を調整することにより器内の圧力を  $1 \sim 1.5 \text{ kg}/\text{cm}^2$  にし、同圧力を利用して舷外へ排出するものである。

本分離器は、A. B. C の 3 室に分けている。まずポンプにより A 室に送られた油水混混合液は流速により回転流となり上部へと渦を巻きながら上昇し、区画頂板を越え室に入る。

その間、遠心分離により油分は流れの中央部へ、また油粒度の微少なものもたがいに接触し合って比較的大きな油粒となり、流れの中央部へと集りながら上方へと浮上する。

A 室より B 室に流入した混合液は C 室に入るため流れが水平流に変る。その際油粒は浮力により上方に分離する。

C 室に流入した比較的清浄された混合液は、さらにここでも油分は上方の油溜より浮上する。完全に清浄された水分は下方より排出される。

昭和40年11月15日 印刷  
昭和40年11月20日 発行

**日本造船研究協会報告 第54号**

発行人 菅 四 郎  
発行所 社団法人日本造船研究協会  
東京都港区芝平町35  
船舶振興ビル8階  
電話 (502) 2371 ~ 80  
内線 (421 ~ 426)

印刷所 船舶印刷株式会社  
東京都台東区東上野1-23-3  
電話 (831) 4181 ~ 4