

日本船舶振興会昭和56年度補助事業  
“外航大型船における超粗悪燃料油使用に関する調査研究”

研究資料 No.350

## 第185研究部会

### 外航大型船における超粗悪燃料油

### 使用に関する調査研究

### 報告書

昭和57年3月

社団法人

日本造船研究協会

舶用燃料油は今後急速に高粘度化、粗悪化するものと予想されるが、燃料補給を国内のみならず海外でも行うことの多い外航大型船の場合、特に劣悪な性状の燃料を使用することが考えられる。このような超粗悪燃料油はディーゼル機関、関連機器、配管、タンクシステムなどに重大な影響を及ぼすものと考えられるので、本研究は技術的・経済的にもっとも効果的な超粗悪燃料油使用対策を確立することを目的として、その第2年度である本年度は超粗悪燃料油対策の調査及び超粗悪燃料油使用のための実験研究として燃料油の清浄に関する実験室実験、タンク内・配管内の流動特性に関する模型実験を行った。

## はしがき

本報告書は、日本船舶振興会昭和56年度補助事業として日本造船研究協会第185研究部会において実施した「外航大型船における超粗悪燃料油使用に関する調査研究」の成果をとりまとめたものである。

### 第185研究部会委員名簿

(敬称略、五十音順)

部会長	赤堀 昇(東京商船大学)	
部員	泉 泰智(三菱重工業)	植田 靖夫(船舶技術研究所)
	白居 熊(日本船主協会)	遠藤 巍(日本海事協会)
	遠藤 裕久(三井造船)	遠藤 光男(日本鋼管)
	柿原 実(三井造船)	越川 篤志(石油連盟)
	清水 涼(川崎重工業)	高崎 潔(三菱重工業)
	橋宗 昭(シェル石油)	田中 勝夫(川崎重工業)
	出口 一彦(住友重機械工業)	土手 亮二郎(石川島播磨重工業)
	森 淳(日本鋼管)	長島 孝一(日本舶用工業会)
	長島 義悟(三井造船)	夏目 修(山下新日本汽船)
	原田 英雄(日立造船)	三谷 孝一(日立造船)
	宮下 尚明(住友重機械工業)	望月 峻右(石川島播磨重工業)
討議参加者	榎本 司(住友重機械工業)	氏家 則義(三菱重工業)
	景山 憲二(川崎重工業)	小泉 真理(石川島播磨重工業)
	今野 勉(石油連盟)	斎藤 功一(日本鋼管)
	塙出 敬二郎(船舶技術研究所)	鈴木 成男(日本船主協会)
	鈴木 博信(日本舶用工業会)	館野 寛三(石川島播磨重工業)
	成毛 竹夫(日本海事協会)	花島 倭(シェル石油)
	真子 琢仁(川崎重工業)	水口 建治(ゼネラル石油)

### 作業分科会委員名簿

(敬称略、五十音順)

分科会長	宮下 尚明(住友重機械工業)	
委員	泉 泰智(三菱重工業)	榎本 司(住友重機械工業)
	楠元 克徳(日本鋼管)	佐々木 耕(三井造船)
	杉村 浩正(日立造船)	高崎 潔(三菱重工業)
	真子 琢仁(川崎重工業)	望月 峻右(石川島播磨重工業)
討議参加者	氏家 則義(三菱重工業)	加藤 明英(三菱化工機)
	菊地 峻太郎(三井造船)	雲石 隆司(三菱重工業)
	鈴木 成男(日本船主協会)	鈴木 博信(日本舶用工業会)
	羽毛田 幸彦(日本舶用工業会)	

## 目 次

まえがき .....	1
第1編 超粗悪燃料油対策の調査 .....	2
第1章 外航大型船の燃料油性状と燃料油に起因すると思われる障害に関するアンケート調査 及び調査結果の解析 .....	2
1. 日本船主協会加盟各社外航大型船に関する調査 .....	2
2. 輸出外航大型船に関する調査 .....	3
2.1 まえがき .....	3
2.2 調査方法 .....	3
2.3 集計結果 .....	3
第2章 超粗悪燃料油とその使用に関する資料・文献の調査・とりまとめ .....	13
まえがき .....	13
1. 燃料油貯蔵及び移送システム .....	14
2. 燃料油前処理及びサービスシステム .....	17
3. 燃焼・スラッジ処理システム .....	24
4. 潤滑油性能及び管理 .....	31
5. 燃料油添加剤 .....	34
第3章 アンケート調査 .....	36
1. アンケートの目的 .....	36
2. アンケート分野とアンケート先 .....	36
2.1 燃料関連機器（ポンプ、こし器、清浄機等の一般補機器） .....	36
2.2 ディーゼル機関 .....	36
2.3 燃料油添加剤 .....	36
2.4 ディーゼル主機関を中心とする周辺燃料システム及びスラッジ処理システム .....	36
3. アンケートのとりまとめ .....	36
3.1 機器アンケート .....	37
3.2 ディーゼル機関アンケート .....	46
3.3 燃料油添加剤の各社製品アンケート .....	54
3.4 ディーゼル主機関を中心とする周辺燃料システム及びスラッジ処理システムのアンケート .....	55
第4章 超粗悪燃料油とその使用に関する資料・文献の一覧表 .....	65
第2編 超粗悪燃料油使用のための実験研究 .....	74
第1章 燃料油の清浄に関する実験室実験 .....	74
1. 緒言 .....	74
2. 分離板式清浄機におけるスラッジの堆積と流動 .....	74
2.1 スラッジの堆積 .....	74
2.2 スラッジの流動 .....	75
3. 供試燃料油及びスラッジ .....	75

4. 試験方法	75
4.1 スラッジの流動性試験	75
4.2 試料油の加圧濾過	76
4.3 スラッジの化学分析	76
5. 試験結果	76
5.1 流動性試験の結果	76
5.2 加圧濾過の結果	76
5.3 試料油及びスラッジの量と性状	76
6. 考察	76
6.1 温度に対する流動率の変化	76
6.2 スラッジの付着位置による差	77
6.3 灰分に対する流動率	77
6.4 空気中と燃料中の差	77
6.5 粗悪燃料油の流動率	77
7. まとめ	78
付録 スラッジ粒子の堆積理論（堆積箇所による差）	78
第2章 タンク内・配管内の流動特性に関する模型実験	94
1. 模型実験概要	94
1.1 はじめに	94
1.2 実験概要	94
2. 実験装置及び実験方法	95
2.1 実験装置	95
2.2 実験方法	100
3. 供試油の性状	101
4. 実験結果とその考察	102
4.1 実験条件	102
4.2 タンク内加熱実験（外面冷却）の結果と考察	102
4.3 タンク内流動実験の結果と考察	102
4.4 配管内流動実験の結果と考察	103
4.5 配管内加熱実験の結果と考察	105
5. 結論	109
付録 各種清浄度の試験油の実験室的製造（燃料油清浄に関する実験）の追試験結果	110

## まえがき

昭和55年度に始められた日本造船研究協会SR185研究部会の「外航大型船における超粗悪燃料油使用に関する調査研究」は昭和57年度をもって終了することになっているが、本報告書は第2年度（昭和56年度）の報告書である。

本研究は昭和55年度報告書でも述べたように超粗悪燃料油使用に対して主機関の燃料油システムは如何にあるべきかを調査し、その要求仕様を確立するために、資料・文献、アンケート等による調査及び実験室実験を実施しようというものである。

初年度（昭和55年度）は、

- 1) 外航大型船における使用燃料油性状と燃料油に起因すると思われる障害のアンケート調査。
- 2) 超粗悪燃料油とその対策に関する資料・文献の収集、整理、要約。
- 3) 超粗悪燃料油使用に関する基礎実験。

等の基礎調査、基礎実験を主体に進めたが、昭和56年度はこれ等前年度の調査、研究結果を踏まえ下記の調査・研究、実験を行い、SR185研究部会の昭和56年度報告書としてまとめた。

- 1) 外航大型船における使用燃料油性状と燃料油に起因すると思われる障害との因果関係の調査。
- 2) 超粗悪燃料油とその使用に関する資料・文献のとりまとめ（因果関係の把握）。
- 3) アンケート調査及びとりまとめ。

資料・文献の調査に加え主機関、補機器を含む燃料油システムの実態（現時点における設計条件、限界仕様等）を把握すると共に、将来現われると思われる超粗悪燃料油対策を探るため船主協会、舶用工業会、石油連盟を通じ船会社、各機器メーカー、石油会社に、又添加剤メーカーや造船所等に広くアンケートを行った。

- 4) 燃料油の清浄に関する実験室実験。
- 5) タンク内、配管内の流動特性に関する模型実験。

これ等の成果等、詳細については各編の報告を参照されたい。

尚、最終年度（昭和57年度）においては、これ迄の調査研究の成果を土台とし、将来燃料油に対する総合的な対策を追求すると共に今后講ずるべき具体策を現実的な面から明確にして行く。

# 第1編 超粗悪燃料油対策の調査

## 第1章 外航大型船の燃料油性状と燃料油に起因すると思われる障害に関するアンケート調査及び調査結果の解析

### 1. 日本船主協会加盟各社外航大型船に関する調査

船舶燃料油の低質化・粗悪化の傾向に伴ない、燃料油に起因すると推定される障害は増加している。このような状況から昭和56年度事業として昨年度に引き続き日本船主協会加盟 201社の外航大型船を対象として燃料油性状と燃料に起因すると思われる障害に関するアンケート調査を実施した。

調査は56年1月1日から56年12月31日までの1年間に発生した燃料油に起因すると推定される障害及び使用燃料油等について調査表記入によるアンケート方式で行った。調査対象機器は、ディーゼル機関、貯蔵タンク、移送ポンプ、清浄機、加熱器、ボイラ、排気缶、ストレーナ、及びその他影響が出た機器である。

調査表を集計した結果、26社、116件の回答があり、これ等資料を障害発生機器別、障害内容別、障害発生時の燃料油種別及び助燃剤使用有無別に分類した結果はそれぞれ表1.1.1、1.1.2、1.1.3、1.1.4のとおりである。

表1.1.1 障害発生機器別件数(計178件)

機器名	件数	%	機器名	件数	%
主機	59	33.1	ボイラ	2	1.1
発電機	9	5.1	F O 管系	13	7.3
清浄機	35	19.7	FOブースタポンプ	8	4.5
A/Cブレンダ	2	1.1	FO移送ポンプ	5	2.8
ストレーナ	33	18.5	FOタンク	5	2.8
F Oヒータ	5	2.8	その他	2	1.1

注) 報告件数と機器別件数に差があるのは、複数の機器について報告された事例があるためである。

表1.1.2 障害内容別件数(計291件)

障害内容	件数	%	障害内容	件数	%
スラッジ異常析出	33	11.3	スカッフィング	4	1.4
移送困難	5	1.7	ライナー異常摩耗	4	1.4
ストレーナ閉塞	35	12.0	リング異常摩耗	16	5.5
清浄不能	10	3.4	排気弁吹き抜け	5	1.7
加熱器閉塞	5	1.7	サージング	10	3.4
ベーパーロック	16	5.5	ブローバイ	11	3.8
F Oポンプ固着	23	7.9	腐食	5	1.7
F Oポンプ異常摩耗	4	1.4	ピストンクラウン焼損	3	1.0
F O V 固着	8	2.8	ライナー亀裂	4	1.4
F O V 異常摩耗	1	0.3	流量計固着	3	1.0
燃焼不良	21	7.2	排気弁固着	2	0.7
Pmax上昇	6	2.1	FOスタンディングプレッシャー	8	2.7
排気温度上昇	14	4.8	変動又は溢出		
燃焼残渣堆積	12	4.1	その他	27	9.3

表 1.1.3 障害発生時の燃料油性状報告件数（計 145 件）

A 重油		13 件 ( 9.0 % )
C 重油	150cSt 未満 150～200cSt 未満 200～300cSt 未満 300cSt 以上 不 明	19 件 ( 13.1 % ) 64 件 ( 44.1 % ) 34 件 ( 23.4 % ) 11 件 ( 7.6 % ) 4 件 ( 2.8 % )
		132 件 ( 91.0 % )

表 1.1.4 助燃剤使用有無別件数（計 105 件）

有	39 件 ( 37.5 % )
無	65 件 ( 62.5 % )

## 2. 輸出外航大型船に関する調査

### 2.1 まえがき

燃料油に起因すると推定される障害は、日本船主協会機関管理研究会により、昭和51年～53年の調査報告および、昭和54年～55年の調査報告に詳細に取纏められているが、当 SR185 研究部会のメンバーである造船会社 7 社が、輸出船として建造した大型外航船にどの様な障害が発生し、又、どの様な対策をたててきたのかを調査すべく各社の手持ちデータを持ち寄った結果を以下に紹介する。輸出大型外航船のうち、仕組船については日本船主協会の集計データと重複する場合があるかも知れないが、本報告書の対象船とした。

### 2.2 調査方法

添付（表 1.1.6）の様式にて過去 4 年間に造船所に報告された燃料油に起因すると推定される障害例について、その原因・対策、補油地又は航路、船種、主機型式、燃料油性状等のデータを収集した。

#### 2.2.1 調査対象船

SR185 研究部会メンバーの造船 7 社が建造したディーゼル主機搭載の輸出外航大型船。

#### 2.2.2 調査対象期間

昭和53年頃より昭和56年まで。

### 2.3 集計結果

昭和55年度報告書に中間報告として記載した障害事例の他に56年分を追加し合計 134 件の事例を得た。造船所による調査には自ら限界があり、殆どが主機に関わる障害事例であったが、各造船所での調査・解析結果を併せて収録したので、因果関係の推定及び対策の計画などに役立てば幸いである。

### 2.3.1 障害の分類

表 1.1.5

主 機 関 係	ピストンリング異常摩耗（切損を含む）	36 件
	シリンドライナ異常摩耗（クラックを含む）	17 件
	ピストンリング溝異常摩耗、リングランドの亀裂	3 件
	ピストンクラウン焼食、スカフィング	4 件
	排気弁吹抜・固着	2 件
	燃料ポンプ、プランジャー・バレル固着、異常摩耗	30 件
	燃料高圧管の亀裂	1 件
	燃焼不良（ノッキング、カーボンフラワ、黒煙等）	20 件
	過給機サーボング、異常汚損	6 件
そ の 他	精密こし器異常目詰り	7 件
	スラッジ異常析出	1 件
	燃料戻り管溢出	2 件
	清浄機ボウル異常汚損	1 件
	ブースターポンプ、移送ポンプ異常	3 件
	燃料油流量計固着	1 件
合 計		134 件

### 2.3.2 障害事例一覧表

輸出外航大型船の燃料油関連機器に発生した障害とその推定原因及び対策例を以下の一覧表に機器別に整理し、さらに燃料油性状・補油地のデータをわかる範囲で記載した。この一覧表から、燃料油に関する障害は、その発生時点における状況の相違（例えば、燃料性状の相違又は発見時期の相違）により、複数の障害が絡み合って発生している例が多いことがわかる。その為、一隻の船の障害が、障害事例としては複数の機器又は部品にまたがる例がある。（例えば主機ピストンリングの異常摩耗及びシリンドライナーの異常摩耗など。）従って表中の記述は、重複して記載することを避けるため、整理の都合上、最初に記述した機器又は部品の障害事例として記載し、併発した障害については障害事例の欄を区分して、その右欄に内容を紹介するのみとした。ただし 2.3.1 に記述した障害の件数には重複して計上してある。尚、一覧表の中で不十分な報告しか得られなかったケースは、空欄としてある。

表 1.1.6

昭和 年 月 日

回答会社		
S R - 185 超粗悪燃料油に関する調査・研究 「粗悪燃料油に起因すると思われる障害事例と対策」		
障害事例・原因及び対策		燃料油性状
補油地	内容	比 重
船種		粘 度 $100^{\circ}\text{F}$ $\text{RW} \times 1\text{秒}$
主機・型式		硫 黃 分 wt %
竣工年月		残 留 炭 素 wt %
事故年月		水 分 vol %
原因・対策		灰 分 wt %
		アルミニウム ppm
		シリカ ppm
		バナジウム ppm
		ナトリウム ppm
補油地	内容	比 重
船種		粘 度 $100^{\circ}\text{F}$ $\text{RW} \times 1\text{秒}$
主機・型式		硫 黃 分 wt %
竣工年月		残 留 炭 素 wt %
事故年月		水 分 vol %
原因・対策		灰 分 wt %
		アルミニウム ppm
		シリカ ppm
		バナジウム ppm
		ナトリウム ppm
補油地	内容	比 重
船種		粘 度 $100^{\circ}\text{F}$ $\text{RW} \times 1\text{秒}$
主機・型式		硫 黃 分 wt %
竣工年月		残 留 炭 素 wt %
事故年月		水 分 vol %
原因・対策		灰 分 wt %
		アルミニウム ppm
		シリカ ppm
		バナジウム ppm
		ナトリウム ppm

項目	( ) 内は併発障害の件数を示す 常 常 摩 耗 又 は 切 捨	害 事 例	原 因 ・ 因 果 関 係	対 策 ・ 処 置	燃 料 性 状 ・ 补 油 地
主 機	ピストンリングの異常摩耗又は切捨 -36 件	燃焼不良 (1件) ○全筒排気温度10~15℃上昇 ○Pmax 8~10%低下 ○排煙黒色	CAPE TOWNで補油したBUNKERが悪くスラッジにタール分が非常に多い。日本寄港時燃料の分析を行った結果、シリカ及残留炭素が多い。		比重 (0.9706) 粘度 (100°F RW1) 硫黄分 (2.54%) 水分 (0.05%以下) 残留炭素 (16.33%) 灰分 (0.045%) アルミニウム (7 ppm) シリカ (40 ppm) バナジウム (150 ppm) 引火点 (68°C) 流動点 (-7.5°C) 補油地 : ケープタウン
	ライナー異常摩耗 (4件)	アルミ、シリカによる摩耗・残炭過多による燃焼不良。	シリンドラ油増量 (1件) パンカーリ地変更 FO (C重油) の取り替えをリコメンド		比重 (0.972) 粘度 (100°F RW1) 水分 (0.20%) 硫黄分 (2.52%) 残留炭素 (15.78%) 灰分 (0.049%) アルミニウム (7 ppm) シリカ (60 ppm) バナジウム (130 ppm)
	ライナー異常摩耗 (4件)	燃焼不良 (2件)	FOV噴口変更し摩耗度大きいもの 新替。リング、ライナ新替。		補油地 : ロッテルダム、日本
	ライナー及びリング溝異常摩耗 (1件)	FCC触媒粒子の混入 (1件)	リング溝肉盛り修正。		
	ライナー異常摩耗及び排気弁吹抜 (1件)	アルミ、シリカによる摩耗・残炭過多による燃焼不良と推定。	部品の新替。 FOの選定に注意する様依頼。		比重 (0.9720) 粘度 (100°F RW1) 硫黄分 (0.049%) 残留炭素 (16.33%) アルミニウム (7 ppm) シリカ (60 ppm) バナジウム (150 ppm)
	ライナーにクラック発生 (1件)	高シリカ、アルミ、バナジウム、ナトリウムによるものと推定。	1) FO変更をリコメンド。 2) ポットムフローライン新設 (現在は細い水切弁のみ)をリコメンド		比重 15/4°C (0.9869) 粘度 (100°F RW1) 硫黄分 (3.55%) 残留炭素 (14.36%) 水分 (0.12%) 灰分 (0.048%) アルミニウム (11 ppm) シリカ (50 ppm) バナジウム (130 ppm) ナトリウム (34 ppm)
	ライナー異常摩耗うち1本にクラック発生 (1件)	燃料油中のアルミ、シリカによる。 (リングに付着のスラッジ分析結果 シリカ 2000 ppm アルミニウム 200 ppmあり)	部品の交換のみ施行。使用FOの選定とヒートシング及清浄方法に注意するよう指示した。		比重 (0.9692) 粘度 (100°F RW1) 硫黄分 (1.72%) 水分wt % (0.01以下) 灰分wt % (0.03/0.01) アルミニウム (20/1.0) シリカ (37/12) アスファルテンwt % (3.05/2.32) 不溶解分 (ベンゼン) wt % (0.55/0.24)

主機 (続き)	ながるであろう。(2件)		補油地：バンクーバー
ライナー異常摩耗及びスラッジの異常析出現象 (1件)	カーボンデポジット堆積によるリンク固定。 熱安定性が悪い。 ヘキサン不溶分：加熱なし 8.8% 140°C ×12 hr 15.1%	FOV管理ミスがあつた様なので、 FOVの整備を確実に施行するよう リコメンド(1件)	比重(0.9832) 粘度(350 cSt 50 °C) 硫黄分(1.23%) カリウム(30 ppm) 残留炭素(14%) 低引火点(67 °C) 灰分(0.05%) キシレン当量(20~25) 補油地：米国ベニシア
燃焼不良 (6件)	着火遅れ、ノックシング現象に起因するヒステンリッジ部の吹抜け。 (6件)	ピストンリング新替。	比重(0.9630) 粘度(100°F 150°F) 硫黄分(2.19%) 残留炭素(6.2%) 灰分(0.01%) シリカ(<0.1 ppm) アルミ(11.4 ppm) ナナジウム(<63 ppm) カリウム(73 ppm) 補油地：レイクチャールズ
リング溝異常摩耗 (1件)	シリンドラ油が変更されたため、FOO性状とシリンドラ油のマッチングに注意するようリコメンド。(3件)	FOO性状とシリンドラ油のマッチングに注意するようリコメンド。(3件)	比重(0.9554) 粘度(100°F 170°F) 硫黄分(0.89%) 水分(0.13%) 灰分(0.05%) アルミ(3 ppm) シリカ(6 ppm) ナナジウム(7 ppm) ナトリウム(45 ppm) 補油地：アメリカ西海岸
ライナー異常摩耗	低硫黄分FOによるシリンドラ油とのマッチング不良。	リング溝肉盛修正。	比重(0.929, 0.9522) 粘度(100°F RW1) 硫黄分(0.16%, 1.8%) 残留炭素(3.0%, 7.1%) 補油地：インドネシア
			インドネシア産の超低硫黄含有C重油に対してもシリンドラ油のアルカリ価の選定を誤つたため。 FOO中のS分は0.3~1.8%であったが 残供、アスファルテン分をベースに

項目	障害事例 ( ) 内は併発障害の件数を示す	原因・因果関係	対策・処置	燃料性状・補油地
主機 (続き)	が残炭・アスファルテン分が普通であつたため、スラッジの発生により異常摩耗を起こしたものと推定(S分含有率のみでシリンダ油を運定すると摩耗を起こすことがある一例)	TBN10から40~70に変更した結果、正常に運転できた。		
燃料油精密こし器目詰り (2件)	ニューオリジンズのC油とメキシコのA油を混合してから目詰まり発生。 .....(1件) (混合不安定)	ピュリフィアイアの能力を上げた。FO(C重油)を全て取り替え。(2件)	比重(0.953) 粘度(100°F RW1) 残炭(10.09%) アルミニウム(4PP) シリカ(130PP) バジウム(54PP)	混合油の性状
燃料油精密こし器目詰り (2件)	1) A重油とC重油を同じタンクに入れたために、FO中にスラッジが多く量に析出した。又は、ニューオリジンズのC重油が粗悪油であった。 2) 保証ドック後、シリンダ油が変わっていたことも原因の一つと考えられる。	FOの新替え。	比重(0.9530) 灰分(0.03%) 硫黄分(2.39%) アルミニウム(4PP) 残留炭素(10.09%) シリカ(130PP) バナジウム(54PP) ナトリウム(2PP)	補油地:ニューオリジンズ
ライナーの異常摩耗 —3件	清浄不良によるスラッジ分の多量供給と推定。	1) サービスタンク内主機FO取出し管の吸込高さを150mm(タンク底面より)を450mm(同)に変更。 2) HFO清浄機の封水用として独立の温水加熱器を追加設備。	比重(0.963) 粘度(100°F RW1) 水分(1%) 硫黄分(3.38%) 灰分(0.032%) 残留炭素(11.13%) アルミニウム(5PP) シリカ(5PP) バナジウム(62.5PP) ナトリウム(37.9PP)	補油地:カリブ湾岸
燃料ポンプブランジ ・バレルの固着又 は異常摩耗 —29件	FO中のアルミニウム、シリカ。尚、問題の油は短時間使用しただけのため大事故に至らなかつたと考えられる。	5ミクロロンPilot filter新設。 Alfa Laval MOPX 205" Purifier増設。(共に船主)	比重(0.997) 粘度(100°F RW1) 水分(0.4%) 硫黄分(3.98%) 残留炭素(11.5%) 灰分(0.06%) アルミニウム(32PP) シリカ(44PP) バナジウム(72PP)	補油地:カリブ湾岸
ブランジ・バレル 固着及び燃料油流量 計固着 (1件)	分析結果 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ を多量に含んでいる。サービスタンクの取出口がタンク底部より約350mmと低い。		比重(0.9888) 粘度(1360°F RW1 at 100°F) 残炭(9.67%) 水分(0.47%) 灰分(0.07%) アルミニウム(180PP) シリカ(280PP) バナジウム(22PP) ナトリウム(100PP)	補油地:カリブ湾岸
			比重(0.9546) 灰分(0.07%) 粘度(100°C RW1) 硫黄分(2.451%) 残炭(11.16%) 水分(1.3%) アルミニウム(trace) バナジウム(215PP)	

主 機 (航き)	FO ライン中の冷却される部位の存在等が考えられる。	FO ライン (50 MPa) ニッケル (32 MPa)
プランジャー固定着 (1件)	燃料油中の水分による発錆 (水分離性が悪い油)。 熱安定性が悪い。 ヘキサン不溶分 : 加熱なし 6.76 wt % 140 °×12 hr 8.11 wt % 水分離性が悪い。	灰分(0.11 %)
プランジャー・バレル 異常摩耗及び割損 (1件)	FCC 油中の残留触媒による。	比重(0.984) 粘度(100°F RW1) 残留炭素(12.32%) 水分(0.98%) 灰分(0.04%) アルミニウム(17 MPa) シリカ(24 MPa) バナジウム(48 MPa) ナトリウム(5 MPa) 硫黄分(1.52%) 補油地: 北米
サクション及びスピ ルバルブ固定着 (1件)	FO の安定性不良か。いずれにせよ FO の粘着性が原因	比重(0.9779) 粘度(284.7cSt @ 50 °) 硫黄分(3.46%) 残留炭素(12.1%) 水分(trace) 灰分(0.01%) N-Heptane (8.13%) % 補油地: ロッテルダム
プランジャー・スリーブ 異常摩耗 (2件) プランジャー・スリーブ固定着 (2件) うち1件は燃料油精密 工具目詰り	FCC 触媒残渣が発見された。顯 微鏡で触媒らしい粒子が認められた。 (FCC 油と推定)	他港パンカ油と混合して使用。 この種の粘着性 FO は清浄機のスラッシュ 排出間隔を短縮する以外、対策なし。
プランジャー・スリーブ 異常摩耗及び燃料 系統部品に点食発生 (1件)	燃料タンク底部に溜った水分の pH = 3.2 ~ 4.2	燃料ポンプのプランジャー・スリーブ 吐出弁燃料弁ノズル全シリンド新替。
プランジャー・スリーブの異常摩耗 (2件)	FCC 触媒による。	燃料ポンププランジャー・スリーブ吐出 弁、全シリンド新替。
プランジャー・バレル 異常摩耗 ○噴射開始圧が50 ~ 100 %低下 ○燃料ポンプのラッ	燃料を分析したところアルミ・シリ カの含有量が高かった。 (比率から FCC 触媒粒子とは推定 できない) 1) 燃料ポンププランジャー・バレル及 び燃料噴射弁ノズル取替。 2) 残油が1航海分有り。片航海ご とに燃料ポンプのプランジャー・バレ ルを取替ながら消費した。	比重(0.967) 粘度(100°F RW1) 硫黄分(2.39%) 水分(trace) 残留炭素(10.46%) 灰分(0.058%) アルミニウム(22 MPa) シリカ(260 MPa) バナジウム(28 MPa) ナトリウム(84 MPa) 粘度(50°C RW) 流動点(-20°C) 粘度(117.8秒RW)

項 目	( ) 内は併発障害の件数を示す 害 事 例	原 因 • 因 果 関 係	対 策 • 处 置	燃 料 性 状 • 楠 油 地
主 機 (焼き)				
プランジャー・バレル 異常摩耗 (9件)	ク進み 。摩耗量最大で 6 $\mu$	F.C.C 触媒粒子による。(9件)	ポンプ部品新替。(9件)	
プランジャー・バレル 固着及び腐食(4件)		FO スラッジがプランジャー・バレルに付着。	ポンプ部品新替。(4件)	
プランジャー・バレル 異常摩耗及び燃料高 圧管亀裂		FO の加熱不足。	部品新替 FO 温度を上げて粘度を下げた。	
排気弁固着 —1件	14本の排気弁固着及 び燃料ポンププラン ジャー・バレルが5日 間で10組固着	粗悪油によるものと判断する。 燃料ポンププラン ジャー・バレルが5日 間で10組固着	バンカーオイルと他手持ち油を混合 させ使用。 機関入口温度を高めに設定。 (93 °C~100°C)	比重(0.986) 粘度(100°F 硫黄分(1.39%) 残留炭素(15.52%) 水分(0.26%) 灰分(0.08%) アルミニウム(14ppm) シリカ(56 ppm) バナジウム(97 ppm) ナトリウム(91 ppm) 楠油地: サンフランシスコ
燃焼不良発生 —3件	減速運転時にノック シング発生 (2件)	Air Separator の不良。 燃料性状不良。 減速運転中(油の戻り量約 5ton/h)。	Air Separator への燃料戻りの位置をサービスタンク油面より上方へ移設し、さらに燃料供給ポンプにバイパス管を設置する。	比重(0.96) 粘度(100°F 1500秒 RW1)
P <sub>max</sub> の上昇			他港ハンカー油と混合して使用。	比重(0.96) 水分(0.4%) V(22ppm) Na(11 ppm) ディーゼル指数(23.56) セタン価(31)
過給機サークル —4件		セタン価が低く着火遅れによる P <sub>max</sub> 上昇。		比重(0.9488) 粘度(100°F 6308秒 RW1) 硫黄分(2.06%) 水分(trace) 残留炭素(8.35%) 粘度(50°C 196.9 cSt) 流動点(35 °C)
		40 °C以下で急激に粘度が上昇する東 南アジアにありがちな特異な性状を 有していると推測される。	タービン注水洗浄間隔を 100h ~ 24h に短縮。 プロワーディフェーザ交換によりサ ージングマージンを拡大。	
		燃焼生成物の異常増加及びノズル・ ブレードの洗浄不良。	過給機の開放掃除。	バナジウム(54 ppm) ナトリウム(64 ppm) 泥水分(1%)

主 機 (焼き)	燃料弁早期噴霧不良	FO 中の V, Na がやや多い。	1) FO のポンプ入口 Vis を 60 Secを 80Secに上げる。 (FO 弁の切れをよくするために) 2) FO 冷却水入口温度を 80°C より 50°Cに下げる。(カーボン化防止) 3) FO PurifierとClarifier をシリーズに使うようリコマンド。	比重(0.968) 粘度( $\frac{100^{\circ}\text{F}}{2850 \text{秒} \text{FW1}}$ ) 硫黄分(3.05 %) 残留炭素(15.88 %) 水分(0.15 %) 灰分(0.04 %) アルミニウム(1.6 $\mu\text{m}$ ) シリカ(5 $\mu\text{m}$ ) バナジウム(88 $\mu\text{m}$ ) ナトリウム(24 $\mu\text{m}$ ) 補油地 : ロッテルダム
	カーボンフラーの発生	燃料性状不良	FO カム進角(2°程度) FOV ノズル整備徹底。 FO の処理、管理の徹底。 Viscosity Controller 新設 (船主)	比重(0.9900) 粘度(MF 180 OIL) 硫黄分(2.96 %) 残留炭素(15.7 %) アスファルテン(10.5) 補油地 : メキシコ
ピストンクラウン焼食・スカフィング - 4 件	スカフィング (1件)	触媒使用とスカフィングとは直接関係なしと考えている。	シリンドラー注油の増大を計画 する。	比重(0.9904) 粘度( $\frac{100^{\circ}\text{F}}{1570 \text{秒} \text{FW1}}$ ) 硫黄分(2.84 %) 残留炭素(13.35 %) 水分(0.44 %) 灰分(0.03 %) アルミニウム(2.6 $\mu\text{m}$ ) シリカ(8 $\mu\text{m}$ ) バナジウム(80 $\mu\text{m}$ ) ナトリウム(9 $\mu\text{m}$ )
ピストン頂部焼食 - 2 件	T/C タービンブレード不足 (1件)	燃焼不良(火炎がのがる) 及び 風量不足	焼食程度の小さいもの肉盛修正, 焼食程度の大きいもの新替。さら に FOV 噴口変更及び T/C ター ビンブレード取替。	部品は燃続使用。 FO の選定とヒーティング及び清淨 方法に注意するよう指示した。
ピストン頂部焼食及び ブリシングランードのクリック - 1 件	FO の加熱し過ぎ、水分過多によるものと推定。	FO 中の水分除去を徹底する様指 示。	比重(0.9824) 粘度( $\frac{100^{\circ}\text{F}}{548.5 \text{秒} \text{FW1}}$ ) 硫黄分(2.27 %) 残留炭素(15.3 %) 水分(0.5 %) 灰分(0.04 %) アルミニウム(4.7 $\mu\text{m}$ ) シリカ(8.2 $\mu\text{m}$ ) バナジウム(133 $\mu\text{m}$ ) ナトリウム(18 $\mu\text{m}$ ) 補油地 : ロスアンゼルス	ドレンセパレータ設置まで FO 温 度 90°Cで使用。 (FO ヒーター出口温度が 100°C,) (に達すると溢出現象発生 補油地 : ニューヨーク
燃料油戻り管	燃料油戻り管溢出 - 2 件	水分又は低沸点分の混入。 燃料油ブースターポンプにキャビテーション発生 (1件)	エア抜管にドレンセパレータ設置。 FO 中の水分除去を徹底する様指 示。	比重(0.949) 粘度( $\frac{100^{\circ}\text{F}}{1495 \text{秒} \text{FW1}}$ ) 引火点(180 °C)

項 目	障 壁 ( ) 内 は 拼 発 障 害 事 例 の 件 数 を 示 す	原 因 • 因 果 関 係	対 策 • 处 置	燃 料 性 状 • 柏 油 地
移 送 ポ ン プ	移送ポンプ過負荷 — 1 件	FO移送ポンプ起動後しばらくの間、過負荷によりしばしばトリップする。	a) ポンプの吸入と吐出ラインとの間にバイパス管を設ける。 b) 移送ポンプ(ギャボンプ)のギャの巾を小さくする様改造した。	
燃 料 油 ブ ース タ ー ポ ン プ	ブースターポンプ ベアリング損傷	温度変化による熱歪のため偏心し、ギアー及びケーシングの異常摩耗に至ったと推定。	部品新替。	
燃 料 油 精 密 こ し 器	燃料油精密こし器 詰り — 3 件	320 メッシュ自動逆洗式こし器目詰り (1 件)	こし器内部にたまたまスラッジ中に多量の微粒固形物あり。 (1 エメント) 機器の逆洗室にハンドホールを設けて掃除しやすくなると共に、予備エレメント一式備え片航海毎にエレメント抜き洗浄実施。	比重(0.9778) 灰分(0.04 %) 粘度(100°F 1498 秒 RWI) 水分(0.13 %) 残留炭素(11.61 %)
		10 $\mu$ 自動逆洗式こし器が5分おきに逆洗 (1 件) 作動	分析結果アスファルテン含有量が10.825と非常に高い値が出ている。 (アメリカ横パンカーオイル) 又、サービスタンクの吸入口が底部より400 mmと低い。	逆洗を頻繁に行なう。 分解掃除を頻繁に行なう。
		精密こし器目詰り及 び清浄機ボウル異常 汚損		

## 第2章 超粗悪燃料油とその使用に関する 資料・文献の調査・とりまとめ

### まえがき

昭和55年度に於ける超粗悪燃料油に関する資料・文献の収集及び要約の作業に引き続き、昭和56年度はこれ等の作業結果をもとに超粗悪燃料油による障害、問題点と燃料性状との因果関係を追究し、その対策を調査することになった。

S R - 185 部会としては、先ず対象とすべき燃料油の性状を設定する必要があり、ISO - MI クラス（1982年1月の ISO ワーキンググループ会議にて MI の呼称が RM - 55 H に変更になったので以後 RM - 55 H と呼ぶ）相当の燃料を対象として選定し、これに対する総合的な対策を探し出そうという方針を立てた。

この RM55 H より以上に粗悪な燃料油は FUTURE AVAILABILITY (出現の可能性) の面から考えた時、例えば FCC 触媒粒子を含み、比重、粘度が大きく、かつ、安定性（熱安定性、貯蔵安定性、混合安定性）が悪く、又、高流動点、高バナジウムといったような悪い性格を総てそなえている油が生産されるという可能性は殆んどないという油会社の報告もあり、従って、将来船用燃料油として市場に出回るものうち最も粗悪なものに近い油（粗悪な性格を最も多く有している油）として ISO - RM55 H を選定したものであるが、その使用対策を探る為に、現在市場に出回っている最も悪い油 (4,500 秒 RW No 1 at 100°F) を含めて、現状における障害・問題点及び原因・因果関係とその現実的な対策についても同時に調査した。

ここに当部会で検討の対象とした 4,500 秒クラスの燃料油と ISO - RM55 H との性状の比較を示す。

表 1.2.1

	注1) 4,500秒 RW No 1 (at 100°F)の例	ISO RM55 H
比 重 at 15°C	0.991	0.991
粘 度 cSt at 50 °C	420	—
cSt at 100 °C	—	55
引 火 点 °C	86	60
流 動 点 °C	-9	30
残 留 炭 素 wt %	13.4	22
灰 分 wt %	0.1	0.20
水 分 wt %	—	1.0
硫 黄 分 wt %	2.7	5.0
バナジウム ppm	400	600
アルミニウム ppm	—	30

注1) 日本海事協会会誌No.176, 1981による。

以上の作業方針にもとづいて昭和56年度は、資料・文献の内容及びアンケート調査結果により、燃料油に起因すると考えられる障害を調査し、下記の如く分類してその因果関係と対策を追求し、報告として以下にまとめた。

1. 燃料油貯蔵及び移送システム
2. 燃料油前処理及びサービスシステム
3. 燃料及びスラッジ処理システム
4. 潤滑油性能及び管理
5. 燃料油添加剤

## 1. 燃料油貯蔵及び移送システム

項目	障害事例・問題点	将来の低質油化に伴なつて新たに発生が予測される障害・問題点	原因・因果関係	現実的な対策・研究成果
燃料油貯蔵タンク	○スラッジ異常析出 ○タンク内温度の低下 ○貯蔵タンクの隣接区画壁面に水分が凝縮し、船体腐食およびカーゴに損傷発生	○混合安定性が劣る ○貯蔵安定性が劣る ○タンク内燃料の凝固 ○排ガスエコノマイザ・ボイラの大型化 ○排ガスエネルギー発電システムの蒸気不足 ○水分の凝縮による船体腐食発生 ○グレンの発芽 ○カーゴ（石炭）の発熱	○スラッジ分散剤の投入 ○補油地・精製法の異なる油の混合を避ける。 ○タンク底部に傾斜をつけ、ドレン抜出口を設ける。	○加熱温度上昇 (蒸気量増加、加熱面積比変更)
	○タンク内温度の低下 ○貯蔵タンクの隣接区画壁面に水分が凝縮し、船体腐食およびカーゴに損傷発生	○加熱蒸気量不足 ○放熱損失の大きいタンク配置 (外板接触面積・バラストタンクと隣接等)	○蒸気消費量の削減対策 ○貯蔵タンクの分割配置 ○貯蔵タンクをできるだけ機関室内に配置	○防燃材施行 ○コアーダム設置 ○貯蔵タンクをできるだけ機関室内に配置
	○タンク内温度の低下 ○貯蔵タンクの隣接区画壁面に水分が凝縮し、船体腐食およびカーゴに損傷発生	○燃料油の流動性保持のために常時加熱 (従来より更に高温保持化傾向)	○タンクの加熱管は温度が均一となるよう配位し、局部的に高温にならないよう考慮する。 ○外部設置式加熱器はタンク内でのワックス析出の原因となるので好ましくない。	○防燃材施行 ○コアーダム設置 ○貯蔵（特にタンク底部） ○タンク補強材は油の流れを阻害しないよう考慮する。
燃料油移送ポンプ	○割深管の有効性 ○燃料移送ポンプの過負荷	○高粘度のため動力不足	○ポンプの吸入と吐出ラインの間にバイパス管を設ける。 ○ポンプの吐出ラインにスチームトレス施行 ○モータの容量増加 ○二重底タンクの蒸気加熱管の設置位置を低くする。	○管端部に加熱装置設置 ○割深管以外の割深装置とする。

燃 料 油 移 送 ボ ン プ	○低温高粘度油がポンプ内に残留		○スチームジャケット付 ○残留油を抜く
	○ドライ運転 (吸込不能)	○配管抵抗を減少させるため、配管径を大きくすれば抽気時間が長くなりポンプがドライ運転。 ○高粘度のため吸込側の配管抵抗が大きくなり、ポンプのNPSH不足	○ポンプの構造は下記考慮 • 油氣能力を有する • ドライ運転でも焼き付かない ○移送ポンプは、できるだけ低位置に取付ける。 ○サブマージドポンプの採用 ○船体部移送管はパイptrank内を通す ○船首部に貯藏タンクを有する場合は、船首部にポンプを設ける。
積 込 管	○摩耗、焼損 ○触媒、堆積物の混入	○油中の腐食成分による。 ○取出し管内の油の凝固	○ポンプ構造の変更 • 輸受部を外装式とする。 ○ポンプ材料の変更 ○隔膜式圧力計の採用
移 送	○低温、高温腐食 ○圧力計取出し管の有効性 ○積込管内滌流部の凝固	○高粘度・高流動点 ○吸引管内燃料の凝固 ○ストレーナ内燃料の凝固 (移送管内流動停止時) ○ストレーナ閉塞	○滌流部を作らない ○滌流部ができる場合(例えれば水平配管部)は、スチームトレース施行し、ドレン抜装置を設ける。 ○スチームトレースの見通し ○スチームジャケット付ストレーナ ○水泥分との相間が強く、混合安定性が悪く、キシレン当量が高い程閉塞が多い傾向にある。(S 55船用工)
配 管	○移送管の閉塞	○滌潤部の高粘度化	○バイパスラインを設け、常時移送管内に燃料油を循環させる(ヒータ要)。 ○スチームトレース、保溫を施行し、次の使用時までに許容温度以下にしない。 ○滞留油を抜く(重力・スチーム・圧縮空気等でページ)。低粘度油で置換

燃料油貯蔵・移送システム引用文献リスト

タ イ ト ル

出 典

- 1) 船用関連工業への道しるべ第67号船用燃料油の現状と見通し 運輸省船舶局関連工業課 '80. 3
- 2) 船用燃料油の動向と一考察 井筒敏夫 (NK)  
日本海事協会
- 3) 船用重油重質化の問題点 原田、前園 (日石)  
日石レビュー 第21巻第4号 '79. 8
- 4) 船用燃料油の動向と現状 高松邦夫 (日本郵船)  
マリンエンジニア No 385 '79. 4
- 5) 船用燃料油の重質化に伴う技術的問題点 前園勝二 (日石)  
マリンエンジニア No 389 '79. 8
- 6) 燃料消費の節減と船舶用燃料の現状及び将来 運輸省船舶局技術課 '80. 3
- 7) 船用燃料油の動向 橋本高明 (モービル)  
マリンエンジニア No 396 '80. 3
- 8) 燃料油のスラッジ生成について シェル石油 (パンフレット) '70頃
- 9) 燃料油に起因すると推定される障害について 日本船主協会機関管理研究会船舶通報  
'79. 7
- 10) FUEL HANDLING AND FUEL SYSTEMS FOR SHIPS シェル石油 (社内資料)
- 11) 船用重油の安定性について 野村宏次 (日石)  
日石マリンシンポジウム '81. 10
- 12) 船舶用燃料油の低質化対策に関する指針 (案) 日本海事協会 '81.
- 13) Shipboard fuel oil treatment M. R. Vincent, J. W. Harrison  
MARINE ENG. REVIEW '81. 8
- 14) 粗悪燃料油対策 アメリコイド日本サービス社 (パンフレット)  
'81. 11 (入手)
- 15) 船舶用燃油低質化とポンプについて 大晃機械工業㈱ '80. 9

## 2. 燃料油前処理及びサービスシステム

項目	障害事例・問題点	発生が予測される障害・問題点	原因・因果関係	現実的な対策・研究成果
セッティングタンク	○スラッジ異常析出  ○比重の増大 ○粘度の増大	○混合安定性不良 ○熱安定性不良 ○水分過多、水泥分過多 ○残留炭素過多 ○アスファルテン過多	○異種油のタンク内混合をさける。 ○加熱は局部的に高温にならないようにする。 ○沈静時間ができる限り長くしドレン抜きの回数を多くする。	○タンク油温は45～50℃に一定に保持 ○タンク加熱は油温を60℃か、引火点マイナス10℃のいずれか低い方にする。 ○加熱は40→60℃、24 hr以内とする。 ○高油温警報を付ける。 ○ヒーティングコイルは数セクションに分け又加熱蒸気は3割とする。
リソーングタンク		○水、油の比重差が小さい。	○注入管は注入時にかくはんしないように配置する。 ○タンク底板はセッティング効果を考慮して角錐形とする。 ○深さは出来る限り浅くする。 ○タンク内面は平面とし、補強材等を付けない。	○スラッジ抜きは短時間に落む様十分な寸法とし、出来るならポンプで吸引させる。 ○セッティングタンクは2個とし、各々主機FO消費の24 hr分の容量とする。 ○沈静時間は4日とする。従ってタンク容量は5～6日分とする。 ○280cSt油～60℃、4日間
				○Norwegian Research の報告 • 180cSt油、sett. temp 60～80℃ ① water droplet 100～200 $\mu$ settle / m in 24 hr ⑤ large inorganic particle of 30 $\mu$ , $r$ = 2.5 % settle / m in 12 hr

項目	障害事例・問題点	将来の低質油化に伴なつて新たに発生が予測される障害・問題点	原因・因果関係	現実的な対策・研究成果
遠心式清浄機	<ul style="list-style-type: none"> <li>○處理燃料油の高比重化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○同左障害の増大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○封水と燃料油の比重が接近する程度回転筒内で形成される封水と燃料油との分離線が不安定になり、外的条件（例えば燃料油の加熱温度の変化による比重の変動または燃料油自身の比重の変化）の微妙な変化に対しても敏感に反応するため、異常分離または清浄不能をおこしやすくなる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○油の処理温度における正しい比重を把握し、適切な調節板の選定を行う。</li> <li>○比重 0.99～0.995 をこえる時はクラリファイア運転を行う。</li> <li>○燃料油および循環水の温度管理を慎重に行う。</li> <li>○通油温度の選定には次の 3 点を考慮する。           <ul style="list-style-type: none"> <li>・封水と重液との比重差が大きい程遠心清浄が効果的</li> <li>・清浄機運転の場合封水（清水）の加熱温度限界は 100 °C であるが、蒸発でブレーキングしない 95～98 °C 以下を選ぶ。</li> <li>・クラリファイア運転の場合、使用部品の温度限界</li> </ul> </li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○處理燃料油の高粘度化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○同左障害の増大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○高粘度化により粒子の終末沈降速度が低下し、分離効果が低下する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○通油量を絞る。</li> <li>○油の処理温度を高め、処理粘度を下げる。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○處理燃料油スラッジの高濃度化。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○同左障害の増大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○燃料油にスラッジが多量に含まれている場合、清浄機のスラッジ排出方式により夫々異なるが、セルフクリーニング方式であればスラッジベースの関係からスラッジ排出のインスターバルが従来より短くなり、ノズル方式であればノズルの閉塞に影響がある。</li> <li>○遠心力による粒子の移動方向と油の主流の方向がきわめて幅のせまい空間（約 0.5 mm）で逆方向になるので、一部粒子が順流方向に押し流される現象の機会がふえ効率が低下する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○大容量清浄機の通油量を絞って運転する（みかけのスラッジベースの増大）。</li> <li>○デカンタ等による前処理で清浄機の負担を軽減する。</li> <li>○清浄機の下流に 2 次、3 次のフィルターを付ける。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○處理燃料油のエマルジョン（Stable Emulsion）化による清浄不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○同左障害の増大</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>○水と油がエマルジョン化する事を防ぐため静かなフローにて処理する事が重要で、そのためセパレータ前の油量の絞り再循環はさけない。</li> <li>○一定流量で運転する独立の容積型ポンプとする。又はギャボンプ出口ヒータとの間にセッティングタンクへの戻し配管を設ける。</li> <li>○配管のバルブ、ベンドを少なくする。</li> </ul>

遠心式清浄機	○清浄不能	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦スラッジの異常析出、スラッジ過多</li> <li>◦処理油の乳化</li> <li>◦高比重</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦(頻繁な)開放掃除</li> <li>◦乳化防止剤の投入</li> <li>◦運転管理の強化</li> </ul>
	○清浄不良（油中に水分混入する）	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦比重、粘度又は流量の減少かあるいは温度の上昇により、インターフェイスがディスクスタックの内側に移動し、ボール内のディスクスタックを流れる油の圧力損失を増加し、分離性能を悪化させる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦比重、粘度および流量にマッチした正しい比重板を選ぶ。</li> <li>◦一定流量で運転する。</li> <li>◦一定分離温度で運転する。</li> <li>◦運転・保守管理の強化</li> <li>◦パラレル運転により通油率を校る</li> <li>◦シリーズ運転（ピュリファイア+ラリファイア）</li> <li>◦スラッジ排出インターバルの短縮</li> <li>◦部品の取替え</li> </ul>
	○清浄不良（水に油が流出する）	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦比重、粘度又は流量の増加かあるいは温度の低下によりインターフェイスがボールの外壁方向に移動し、ウォーターシールを破壊し、重油出口側へ油が流出する。</li> <li>◦回転体シール不足、封水の漏洩、調節板の選定ミス、回転体の回転数不良等により油が流出する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦回転体シール不足、弁パッキンの損傷、弁シリンドラの損傷等による。</li> </ul>
	○清浄不良（スラッジ出口に油が流出する）	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦スラッジ出口が堆積したスラッジにより閉塞する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦スラッジ過多</li> <li>◦配管不良</li> </ul>
	○スラッジ出口が堆積したスラッジにより閉塞する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦スラッジ排出インターバル短縮により油のロスが増大する。</li> <li>◦カタリストファインに対する捕捉率が低い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦トーチル型の場合、回転体中に残留した一部の油がロスとなる。</li> <li>◦FCC粒子が微細である。</li> </ul>
FCCサービスタンク	スラッジ異常析出	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦混合安定性不良 熱安定性不良 水分過多 水泥分過多</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦タンク底部を傾斜させる（スラッシュ堆積防止）</li> <li>◦油取り部は吸入油により内部油が搅拌しない様な構造にする。（邪魔板の取付、取入油を側壁に沿って落とす）</li> <li>◦油取出部は上澄油を取出す。（浮遊式吸引入口、多段弁式）</li> <li>◦オーバーフロー管はタンク底部迄延長</li> <li>◦自動水、スラッジ排出（タイマ或は水検知器による）</li> <li>◦加熱管を引き抜き式とし堆積スラッシュの掃除を容易にする。</li> </ul>

項 目	障 害 事 例 ・ 問 題 点	原 因 ・ 因 果 関 係	現実的な対策・研究成果
FOサービスタンク		将来の低質油化に伴なつて新たに発生が予測される障害・問題点	<ul style="list-style-type: none"> <li>○タンク補強材は外側に設けスラッジの堆積防止、掃除を容易にする。</li> </ul>
FO 1次こし器 閉塞	同左障害の増加	FCC触媒混入 熱安定性不良 残留炭素過多 不溶解分過多 (N-ヘプタン) アスファルテン過多 水泥分過多 灰分過多	<ul style="list-style-type: none"> <li>○通過面積を大きくとる。</li> <li>○スチームジャケット付とする。</li> </ul>
A/C 切換装置	切換経過時間設定 C重油の加熱温度の高温化に伴い、A-C重油の温度差大となり、噴射ポンプのスティック、A重油のベーナロック等の発生	高粘度	<ul style="list-style-type: none"> <li>○切換時間を長くする。</li> </ul>
A/C プレンダー ユニット閉塞 (スラッジ析出)	現状よりひどくなる。	残留炭素過多 混合安定性不良 FCC触媒混入 アスファルテン過多 高粘度	<ul style="list-style-type: none"> <li>○前処理工程での夾雑物の除去</li> <li>○混合安定性の確認</li> </ul>
FO 流量計	閉 塞 焼付き 固 着	一次こし器に同じ	<ul style="list-style-type: none"> <li>○軸受外部潤滑 要部材質の変更 (ステンレス鋼等) 外管部材質の変更 ( " ) 回転子構造の変更</li> </ul>
リターンチャンネル FOの溢出 モイスチャーアー増大	同左障害の増加 同左障害の増加	水分過多 FO加熱温度の上昇 FO加熱温度の上昇	<ul style="list-style-type: none"> <li>○リターンチャンネルおよび前処理行程で充分水分散去を行う。</li> <li>○エアペントラインにドレンセパレーター設置</li> <li>○主機戻り油管中に空気分離器の設置</li> <li>○サービストンク加熱温度を下げる。</li> <li>○主機戻り油管中に冷却器を設ける</li> </ul>
燃料油 ブースターポンプ	○異常摩耗、焼損 ○同左障害の増加	○燃料中の夾雑物の増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ねじポンプを使用する場合、FOサービス系統のこし器メッシュを細かくする。 (100～150メッシュ)</li> </ul>

燃料油 フースターポンプ		<ul style="list-style-type: none"> <li>高粘度油と低粘度油の切替使用の際、熱歪を生じて芯の狂いを起こす。</li> <li>温度による伸縮の影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>70°C以上で使用する場合、ケーシングとの温度差が40°C以上ある油を急激に供給しない様にする。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>異常振動、騒音及びエロージョン</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同左障害の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高温のためベーパロック、キャビテーションを起こす。</li> </ul>
主機用燃料油 加熱器	<ul style="list-style-type: none"> <li>閉塞</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>熱安定性の劣る燃料はヒーター内でスラッジを生成し易い。</li> <li>分解重油と直留重油を混合した場合、エレメントにスラッジが付着しやすい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>清浄強化：清浄機並列運転等</li> <li>重油添加剤の使用は、スラッジ堆積防止に効果があるとの報告がある。</li> <li>開放・掃除の間隔を短縮する。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>掃除困難</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アルミ・シリカの入っている燃料のスラッジにガム状となるものがある。</li> <li>燃料の硫黄分の影響によりエレメントにスラッジが付着する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>スチームジェットにより丹念に掃除する。</li> <li>エレメントの交換</li> </ul>
主機入口 精密燃料油 こし器	<ul style="list-style-type: none"> <li>エレメントの腐食</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>同左障害の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料中の硫黄分の影響による。特に銅エレメントの場合、スラッジから多量の硫化銅が検出される。</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>同左障害の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究成果（実験報告）</li> <li>銅、鉄は硫黄分を含む加熱重油で、全面均一に腐食するが、アルミ、ステンレス、チタンには腐食が殆ど見られない。ただし、腐食の程度と硫黄の含有率とは比例しない。</li> <li>エレメント材質を鋼からアルミへ変更する。</li> </ul>
FCC触媒粒子の通過		<ul style="list-style-type: none"> <li>同左障害の増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定性の劣る燃料は貯蔵中にスラッジを発生し易い。</li> <li>熱安定性の劣る燃料は、ヒーター内でスラッジを生成し易い。</li> <li>親和性の悪い燃料同志が混合された場合、多量のスラッジを生成し易い。</li> <li>水泥分、キシレン当量、N-ヘプタン不溶分の多い燃料はスラッジ分を多く含んでいるケースが多い。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>閉塞</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>逆洗間隔の異常短縮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開放・掃除間隔の短縮</li> <li>清浄機の管理強化</li> <li>セットリングタンク、サービスタンクのドレン切りの自動化</li> <li>計画時点より通過面積比を大きくする。</li> <li>重油添加剤の使用</li> </ul>
エレメントの腐食			<ul style="list-style-type: none"> <li>FCC触媒粒子がエンジンに悪影響を及ぼすが、これを除去できる。</li> <li>5 μ~10 μの粒径の触媒粒子がエンジンに細かい目のこし網が加工困難である。（強度上、耐圧力上）</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>硫黄分が触媒となり腐食を助長すると考えられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCC触媒粒子で触媒粒子を検出した場合、その燃料を使い切るまでの間、5 μ以下の細かい目のこし網が加工できる様な配管としておく。</li> <li>モリブデン含有のSUS316Lを使用する。</li> </ul>

燃料油前処理及びサービスシステム引用文献リスト

タ イ ド ル

- 1) 船舶用燃料油の低質化対策に関する指針（案）
- 2) 燃料油に起因すると推定される障害について
- 3) 全 上 (その2)
- 4) Shipboard fuel oil treatment
- 5) Centrifuging of Marine Oils
- 6) Treatment poor heavy fuels  
An operational approach to the problems
- 7) Sulzer's advice to operators
- 8) Westfalia's approach to heavy fuel oil separation
- 9) Review of Shipboard Fuel Oil Treatment
- 10) FUEL HANDLING AND FUEL SYSTEMS FOR SHIPS
- 11) シャープレス遠心分離機による粗悪燃料油の清浄について
- 12) 遠心式清浄機による高粘度燃料油の清浄
- 13) 遠心式清浄機による高粘度重油清浄
- 14) FCC ポトムを含む高比重燃料油清浄試験
- 15) Shipboard Systems for Residual Fuels and Their Operation
- 16) FO 管理の件について
- 17) 粗悪重油に対するシャープレス燃料油清浄機の使用法および対策

出 典

- 日本海事協会 S 56
- 船舶通報 '79. 7  
(日本船主協会機関管理研究会)
- 船舶通報 S 56. 6  
(日本船主協会機関管理研究会)
- MER '81. 8  
M. R. Vincent, J. W. Harrison
- MER '81. 8  
G. F. Brown
- Marine propulsion July / August '80  
M. S. Bradley
- Marine propulsion July / August '80
- Motor ship, Sep. '81
- Trans., I Mar. E 1981, Vol. 93,  
Paper C 80  
M. R. Vincent, J. W. Harrison
- SHELL 社内資料
- マリンエンジニア No. 395 '80. 2  
巴工業
- 三菱化工機 '79. 12
- 三菱化工機 '79. 4
- 三菱化工機 '79. 3
- Trans. I Mar. E Vol. 92, '79. 10  
P. J. Newberry
- 松井武夫（伊藤鉄工所）
- 巴工業

## タ イ ト ル

## 出 典

- 18) 船用主機の将来の燃料油 長瀬アルファ '79. 6
- 19) Water Removal from High Density Fuels The Motor Ship '78. 4  
(Alfa Laval)
- 20) 低質燃料油と遠心清浄機の技術的諸問題 マリンエンジニア No. 393 '79. 12  
阿部(三菱化工機)
- 21) 粗悪重油の清浄について マリンエンジニア No. 392 '79. 11  
西(長瀬アルファ)
- 22) 重油の前処理とクリーニングに対するリコメンデーション(技術資料) Alfa Laval '80. 7
- 23) モダン低質重油の前処理とクリーニング Alfa Laval '80. 7
- 24) 船用燃料油の低質化に対する油清浄機の対策(技術資料) 三菱化工機 S 56. 10
- 25) Treatment of Marine Fuels A.P. Orme, A.J. Lauger(BP) Jan. '81
- 26) 外航大型船における超粗悪燃料油使用に関する調査研究 SR 185 報告書 S 56. 3
- 27) 遠心分離機による粗悪燃料油の清浄について 永野栄寿 } '舶用燃料油重質化対策。  
28) フィルターにおける低質燃料対策とカタリストファインズへの対応 多田正巳 } 省エネルギー運航・省エネルギー  
29) 船用燃料油の性状予測とその対応 栄家達也 } 船" S 56. 9
- 30) 主機燃料油戻り管用空気分離器のあり方について 一アンケート集 日本造船学会機械研究委員会 S 53. 4
- 31) F.O.ミキシング管の設置方法及び構造について 一アンケート集 日本船用機関学会機関研究委員会第3部会  
S 53. 9
- 32) SR185 56年度造船所対象アンケート
- 33) SR185 56年度補機器メーカ対象アンケート
- 34) 船用燃料油の低質化に対する機関・機器の調査研究報告書  
(第1報) 日本船用工業会 S 56. 3
- 35) シンポジウム "舶用機関学会55年春季講演会"
- 36) 燃料油のスラッジ生成について 日本船用機関学会誌 15-11 '80. 11
- 37) 船用重油の安定性について シェル石油パンフレット '70頃
- 38) 粗悪燃料油対策 野村宏次(日石シンポジウム) '81. 10
- 39) Shipboard Investigation with Fuels Tomorrow アメロイド日本サービス社パンフレット  
'81. 11
- 40) 低質燃料油に起因する障害について(燃料油加熱器の障害と対策) 14th CIMAC (D 63) Sulzer '81. 6  
乾文雄 日本船用機関学会誌 15-10  
'80. 10

### 3. 燃焼・スラッジ処理システム

項目	障害事例・問題点	将来の低質油化に伴なつて新たに発生が予測される障害・問題点	原因・因果関係	現実的な対策・研究成果
3.1 燃焼 燃料供給、噴射系統	○ペーパロック ○燃料噴射管破損 ○燃料噴射ポンプおよび燃料弁のスチック、摩耗腐食	○同左障害の増加 ○水分、低沸点成分の蒸発	○燃料油粘度の過大	○燃料油加熱温度の調整 ○給油ポンプ圧力上昇や蓄圧器の設置 ○燃料油加熱温度の調整
		○燃料油中の炭化物や灰分、特に硬質の FCC触媒粒子の混入。 ○高温燃料油の使用に不適当な摺動部のクリアランス ○燃料油自身の潤滑性欠如 ○混合安定性、熱安定性の悪い燃料油 オイルスラッジの混入 水の混入（水分離性の悪い油） 乳化燃料	○前処理による有害な夾杂物の除去 ○燃料加熱器の熱負荷低減 ○軟質スラッジの均質分散 ○ポンプ摺動部クリアランスの見直し ○ポンプ内を流れる燃料油圧力とブランジヤ温度を適正に調整し、燃料ポンプブランジヤの焼付を防ぐ(7) ○燃料油のスカベンシング・フローの増大と燃料油温度の低下により、燃料ポンプブランジヤの焼付を防ぐ(7) ○ポンプ内燃料油圧力の急激な圧力変化をさけてキャビテーションエロージョンを防止する。	○燃料油の適正粘度の確保 ○燃料油噴口の適正化 ○噴射圧を上げ短時間に噴射 ○二次噴射の防止 ○圓形スラッジを極力除去する。 ○軟質スラッジの均質分散 ○燃料弁のシートヒノズルの耐久性向上
	○燃料弁の燃料油噴霧不良	○同左障害の増加 ○燃料弁へのカーボン付着 ○燃料弁要部の摩耗	○燃料油の加熱不足 ○混合安定性、熱安定性の低下によるスラッジ発生 ○燃料油中のアスファルテン、高沸点縮合芳香族、塩素の成分増加に伴なう燃焼性能低下および着火性能の低下。 ○同左障害の増加	○A重油による起動 ○燃料油の適正粘度の確保 ○噴射圧を上げ短時間に噴射 ○二次噴射の防止 ○圓形スラッジを極力除去する。 ○軟質スラッジの均質分散 ○燃料弁のシートヒノズルの耐久性向上
	○着火運れ ○圧力上昇率の増大、ノッキング ○起動性能の低下 ○燃焼期間が長くなる ○黒煙発生 ○燃料消費量の増加 ○P <sub>max</sub> 上昇 ○排気温度上昇		○燃料油中のアスファルテン、高沸点縮合芳香族、塩素の成分増加に伴なう燃焼性能低下および着火性能の低下。 ○アスファルテンおよび残炭の増加に伴なう燃え時間の増大、長火炎化および黒煙発生	○低負荷運転に対する負荷制限 ○燃料噴射時期の適正化 ○空気冷却器、シリシングおよび燃料弁冷却水温度の適正化 ○助燃剤の使用 ○燃料油の微細化（噴霧） ○燃焼効率の改善による十分な新気の供給及び空気と燃料油の混合改善

燃焼性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ シリンダ内圧縮比と <math>P_{max}</math> の適正化</li> <li>◦ あと燃えおよびノッキングに伴なう燃焼室の温度上昇</li> <li>◦ 水の混入はアスファルтенの燃焼運れを助長する。</li> <li>◦ 燃焼速度の低下による熱発生パターントの悪化と有効燃焼効率の低下による燃料消費率の増大</li> <li>◦ 燃料油の霧化不良</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ シリンダ内圧縮比と <math>P_{max}</math> の適正化</li> <li>◦ その他燃焼改善対策の実施</li> <li>◦ 燃料油中の水分、給気中のドレケ除去</li> <li>◦ PCCベース燃料を使用した実機テストの結果燃焼残渣中に A1 分がほとんど含まれていなかった。すなわち、A1 はガス状物質となって排ガスと共に排出される。<sup>Q2</sup></li> <li>◦ シリンダ油の清浄分散性能強化</li> <li>◦ ピストン・リング、シリンドラ・ライナ温度の適正化</li> <li>◦ 排気弁について <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ シリンダ油の Ca 塩の弊害を少くする</li> <li>◦ 構造、形状、冷却方法および材質改善</li> <li>◦ 間滑油の性能向上</li> </ul> </li> <li>◦ 過給機について <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ シリンダ油の適正注油（特に低負荷域）</li> <li>◦ きめ細かな水洗</li> <li>◦ 燃料中の Na（海水）除去</li> <li>◦ 過給系改善による排気温度低下</li> <li>◦ その他燃焼改善対策実施。</li> </ul> </li> <li>◦ 着火遅れ期間の延長に伴い着火後の圧力上昇が急激となる結果、シリンドラ・ライナ／ピストン・リング間でのガス吹き抜けが起きる。</li> <li>◦ 燃料油比重増加、油滴粒径の増大による油滴粒子到達距離の延長および燃焼期間の延長により、シリンドラ・ライナ壁やピストン頂部近くまで火炎が到達し、その表面温度が上昇する。又、シリンドラ潤滑油の劣化を早め、カーボンの生成、デボジットを生じてピストン・リング摩耗、</li> </ul>
------	---	---

項目	障害事例・問題点	将来の低質油化に伴なつて新たに発生が予測される障害・問題点	原因・因果関係	現実的な対策・研究成果
腐食	○高温腐食 排気弁、ピストン頂面、過給機、ノズル、排気弁座など	○同左障害の増大  ○低温腐食 シリンドラ・ライナ ピストン・リング 燃料弁 排気弁 過給機サーリング	○燃料中のV, Na, Sの化合物が共通して低融点の灰分を形成し、高温域に付着溶融し、金属面を激しく腐食させる。腐食性の最も強い灰分組成は $V_2O_5 - Na_2SO_4$ 系のものである。 ○V/Naの比が2.3で330°C以下の融点をもつ灰分を形成する。(28)	○燃料油中のNa(海水)除去 ○燃料添加剤の使用 ○冷却水温度の適正管理による金属表面の適正温度保持 ○耐食材料、メッキおよびコーティングの採用 ○排気弁構造、弁座弁棒冷却方法改善 ○燃焼改善対策による熱負荷軽減
3.2 スラッジ処理	○スラッジタンク	○同左の傾向増加	○燃料中のSが燃焼によって $SO_2$ となり、その1~5%が $SO_3$ となって、燃焼過程で生じた水蒸気と結合し、硫酸蒸気となる。硫酸蒸気は低温域で凝縮し硫酸となって金属面を腐食させる。 尚、低温腐食は酸の露点より20~30°C低い温度、すなわち燃料油中の硫黄含有量により100~120°C位の間が最も激しい。	○冷却水温度の適正管理 (燃焼ガスに接触する金属表面温度を硫酸の露点温度以上に保つ) ○シリンドラ注油の適正化(アルカリ価、量、タイミング) ○耐食材料、メッキおよびコーティングの採用 ○排気弁棒注油 ○燃料油中の水分、給気中のドレン除去
		○タンク内でのスラッジの凝固	○燃料油の貯蔵、混合安定値低下によるスラッジの大量発生 ○燃料貯蔵タンクでの微生物によるスラッジ生成	○貯蔵、加熱システムの改善によるスラッジ生成の抑制 ○補油前の燃料油安定性チェックによるスラッジ生成の予防(スラッジ分散抑制剤投入など) ○カビ防止剤投入 ○スラッジ・タンクの容積決定方法を見直す。 ○燃却設備を設ける。(ボイラ又は燃却炉) ○燃却設備を設ける。

スラッジ移送ポンプ (1軸ねじポンプ)	空運転、吸込不能	<ul style="list-style-type: none"> <li>配管抵抗を減少させるため配管径を大きくした場合、抽氣時間が長くなる。</li> <li>流動性低下により吸込抵抗が増大し、ポンプのNPSHが不足する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>空運転防止システムの改善強化(ロータ、ステータの摩耗は不可避免)</li> <li>低回転数のポンプ選定</li> <li>出来るだけタンクの近くで低い位置にポンプを据付ける。</li> </ul>
	接液部の異常摩耗および腐食	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCC触媒粒子の混入、</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>接液部の保護強化(耐摩耗材料)</li> <li>ステータとロータはゴムと金属の組合せ採用(ステータとロータの摩耗は不可避免)</li> </ul>
	駆動モータの過負荷	高粘度又は凝固	<ul style="list-style-type: none"> <li>モータ出力の見直し</li> </ul>
	燃焼状態の悪化および長炎化、着火不良、失火	<ul style="list-style-type: none"> <li>同左の傾向増加</li> <li>性能低下</li> <li>水の混入</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>バーナ前適正油温の管理</li> <li>空気過剰率の管理</li> <li>火炉燃焼負荷低減(火炉容積増大)</li> <li>バーナ燃口△Pの増加</li> <li>間接直火方式(バイロットバーナ)採用</li> <li>燃料油による助燃</li> <li>水の分離除去</li> </ul>
補助ボイラ及び燃却炉によるスラッジ焼却	<ul style="list-style-type: none"> <li>バーナの汚れ、イグナイタ汚れ、バーナチップ部のカーボン付着</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>触媒粒子の混入によりバーナチップの摩耗増大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>蒸気噴霧式又はロータリバーナの採用</li> <li>废油バーナを独立に設け、メインテナスシやすくする。</li> <li>バーナ部をヒンジ取付とし、メインテナスしやすくする。</li> </ul>
	伝熱面の汚れ、炉内レシガ等の損耗増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>同左の傾向増加</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>除煤剤投入装置の設置</li> <li>掃除点検のため炉内へ容易に人が入れる構造</li> <li>スタートプロワの強化</li> <li>その他燃焼改善対策の実施</li> </ul>
	大量の灰の発生	<ul style="list-style-type: none"> <li>スラッジ中の灰分増加</li> <li>燃焼不良による煤発生</li> <li>火炎が長くなることによる炉壁焼損</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>掃除のため炉外へ容易に人が入れる構造</li> <li>又は容易に炉外へ灰を取出せる構造</li> </ul>
焼却設備へのスラッジ供給設備	<p style="text-align: center;">同左の傾向増加</p> <p>バイピング内で流動性低下および凝固</p>		<p>1. ヒータ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>蒸気加熱式(ピンチューブ又はペアチューブ)ヒータ採用</li> <li>伝熱面積を大きくとる(余裕増大)</li> <li>フィン付であれば横置内外油型ヒータとする。</li> <li>廃油タンクで加熱し、ヒータは設けない(廃油タンク一焼却炉の循環加熱)</li> </ul>

項 目	障 害 事 例 ・ 問 題 点	将来的低質油化に伴なつて新たに発生が予測される障害・問題点	原 因 ・ 因 果 関 係	現実的な対策・研究成果
			<p>2. ストレーナ ○通過面積を大きくする。</p> <p>3. パイピング ○チーム・トレース施行 ○A重油によるフラッシングができるシステムとする。 ○滌濾部にドレン抜きを設ける。</p>	
		<p>○スラッジ供給ポンプ接液部の摩耗</p> <p>○触媒粒子の混入</p>	<p>○ねじポンプ、1軸ねじポンプ、欠円ギャボンプの採用</p>	

燃焼及びスラッジ処理システム引用文献リスト

タ イ ド ル

- 1) 船舶通報 E - 176
- 2) 船用重油重質化の問題点
- 3) 船用燃料油の重質化に伴う技術的問題点
- 4) FUTURE FUEL の DIESEL ENGINE への適用について
- 5) EXPERIENCE FROM BURNING HEAVY FUEL OILS OF VARYING QUALITY IN DIESEL ENGINES
- 6) 船用燃料油の動向と一考察
- 7) Medium speed engines and future fuels
- 8) 船舶用燃料油の動向
- 9) 世界各国の海運、造船の新技術とこれから
- 10) 中小型、中速機関と低質油について
- 11) NK 船舶用燃料油の低質化対策に関する指針（案）
- 12) Future Fuels and the Diesel
- 13) 粗悪燃料油使用に対するディーゼル機関の問題点
- 14) Marine Lubricating Oils for Future Propulsion Machinery
- 15) 燃料消費の節減と船舶用燃料の現状及び将来
- 16) 燃料油低質化と船用ディーゼル機関の動向
- 17) 三井 L & V 42M 機関のコールタール燃焼試験
- 18) Turbo Charging of Diesel Engine
- 19) 船用燃料油の動向と現状
- 20) 将来における船用ディーゼル主機関の燃料油について

出 典

- S 56. 6. 18  
日石レビュー  
VOL. 21 No. 4 '79. 8  
前園 マリンエンジニア '79. 8 (No. 389)  
三井造船  
Det Norske Veritas Oct. 1980  
  
  
井筒敏夫 (NK検査員)  
J. Gallois (SEMT)  
BULLTIN TECHNIQUE DU B. V.  
'79. 10  
  
内燃機関 (臨時) S 53. 11  
日本舶用機器開発協会 S 53. 9  
岡本 (ダイハツ) 日本舶用機関学会誌  
S 55. 2  
  
  
The Motor Ship 連載 '78. 5~12  
山下 マリンエンジニア '79. 9  
D. Golothom (Shell)  
The Motor Ship  
"conference" '79. 3  
  
運輸省船舶局技術課 S 55. 3  
内燃機関 (臨時) '78. 11  
三宅他 (三井造船)  
舶用ディーゼル機関 '78. 11  
  
W. D. Anderson (BBC)  
The Motor Ship "conference" '79. 3  
高松邦夫 (NYK)  
マリンエンジニア No. 385 '79. 4  
舶用工業 S 55. 1

タ イ ト ル

- 21) 船舶用燃料油の動向
- 22) 高粘度分解系重油の船舶用低速ディーゼル機関における燃焼と摩耗に関する研究
- 23) 船用大型中速ディーゼル機関の腐食摩耗
- 24) 重油燃焼機関における燃焼生成物と添加剤について
- 25) シンポジウム 低質燃料油に起因する障害について
- 26) "Marine Propulsion and Future Fuel Conference" に参加して
- 27) 船用ディーゼル機関における重質油の燃焼性改善
- 28) Problems associated with diesel engines operating on fuel oil of poor quality

出 典

- 内燃機関（臨時） S 53. 11
- 日本船用機関学会誌 16-4 S 56. 4
- 日本船用機関学会誌 16-1 S 56. 1
- Sybron Corporation
- 日本船用機関学会月例講習会 S 55. 4
- 稻葉（三菱石油）
- 三菱石油技術資料 No.54 '79. 7
- フジテクノシステム
- 技術資料：船用燃料油重質化対策  
・省エネルギー運航 ・省エネルギー船  
'81. 9
- T. C. Wiborg (Det Norske Veritas)

#### 4. 潤滑油性能及び管理

項目	障害事例・問題点	原因・因果関係	現実的な対策・研究成果	備考
酸中和性 低速シリンドラム 中速システム 油	低温(硫酸)腐食によるピストリング、シリンドライナ、バルブスティム等の異常摩耗	燃料油中の硫黄化合物は燃焼室で燃焼し $\text{SO}_2$ ガスを発生し、 $\text{SO}_2$ ガスは酸化され $\text{SO}_3$ (無水硫酸)となる。さらに $\text{SO}_3$ は燃焼ガス中の水蒸気と容易に反応し、硫酸を生成し、これが露点温度以下で液状硫酸となるところ及びライナなどの金属表面を酸腐食させる。	○高TBNI油の使用 (注1) ○酸中和速度の大きい添加剤の適用 (過冷却を避け、シリンドラム温度)を露点温度以上に保つ	(注1) 必要以上にアルカリ価を高くすると排気弁損傷や燃焼室内および過給機への堆積物を増加させるので注意が必要 (注2) 一般に高粘度基油は熱、酸化安定性に劣り、燃焼室間りの清浄性の面で不利であり、低粘度基油は燃焼室での蒸発減量が多く、潤滑油消費の面で劣る。 (注3) 金属系清浄剤であるCaスルホネートが硫黄系極圧剤の反応性を抑制し、高温での耐荷重能が低下するという報告がある。
清浄分散性 低速シリンドラム 中速システム 油	燃焼室まわりの堆積物の増加 (i) リング及びライナの異常摩耗 (含スカッティング) (ii) リングのスティック、プローバイ、折損 (iii) 排気弁寿命の低下 アンダーカラウンのコーニング	燃料油中の残炭分、アスファルテンの増加、熱・混合安定性の悪化によるスラッジの生成により燃焼不良が起りやすくなり、堆積物が増加。	○無灰系清浄剤の添加 ○合成基油の使用	(注4) 油膜のひろがり性は同粘度では無添加油が一番良好であり、高塩基性添加剤の添加により油膜のひろがり性は悪くなるが、Caナフテネット系清浄剤は比較的油膜のひろがり性が良好であるといわれている。
耐荷重性 耐摩耗性 シリンドラム システム 油	スカッティング、異常摩耗 軸受の摩耗・焼付	燃料油の重質化により着火遅れが大きくなり、リング及びライナ軸受へのショック荷重が増大する。機関の長行程化により、リング及びライナ間の摺動面積が増加し(約20%)、注油量などの変更がなければ単位面積当たりの油膜厚さは薄くなる。	○高粘度基油の使用 (注2) ○清浄剤と極圧剤との相互作用を考慮した添加剤処方の検討(注3)	(注5) 特に無灰系の清浄剤は分散性が強いため、添加剤の組み合せが適正を欠く場合には水分離性は著しく悪化する。
油膜のひろがり性 (シリンドラム) 油	ライナの摩耗(クローバーリーフィング)およびそれに基づくプローバイ、スカッティング	油膜のひろがり性の劣るシリンドラム油を使用すると、注油孔間のライナが選択的に腐食される。	○Caナフテネット系清浄剤の優先的使用(注4) ○適切な注油量、注油時期、注油位置、注油みぞやリング形状の選択	
水分離性 (システム油)	機関各部の錆発生 油膜形成不良による摩耗量增加 添加剤の粗粒化による塩基価低下および不溶分の増加	重質化に伴ない、清浄剤の添加量は増加させなければならない、一般に油の水分離性は添加量に反比例して悪化する。(注5)	○適正な添加剤の組み合せ	
酸化安定性 (システム油)	粘度の上昇 アンダーカラウンのコーニング こし器・清浄機の閉塞	重質化に伴ない燃焼室部材温度が上昇し、潤滑油が高温にさらされる。	○合成基油の使用 ○適正な酸化防止剤(ZDTP)の選定	

項目	障害事例・問題点	将来の低質油化に伴なつて新たに発生が予測される障害・問題点	原因・因果関係	現実的な対策・研究成果	備考
清浄方法	○清浄機能の不足およびそれによつて軸受の早期摩耗・焼損事故	○特に中速トランクピストン機関のクランクケース油に対する汚損度の増加。	○燃料油の重低質化による燃焼性の低下、灰分の増加および燃焼室まわりの温度上昇によるシリンドラ油・シリンドラ油の酸化劣化の促進	○処理容量とともに最適通油量の選定 ○処理温度を高くする。 ○清浄機は2台をシリーズで通油するよりも通油量を絞ってペラレルに1回通油する方が効果がある。	(注1)過精度についても軸受寿命から考えて、現状の30~50μmよりさらにおよびべきと考えられる。
	○フィルタの閉塞、強度不足	同 上	同 上	處理容量の増大(注1) 連続自動逆洗方式の採用 疲労強度の高いエレメントの使用	
性状管理	○サンプタンクの容量 ○セトリシングタンクの容量・形状の最適化	同 上	同 上		
更給油管理		○汚損・劣化度の促進によるサンプリング回数の増加・はん離さ	○汚損・劣化度の促進によるサンプリング回数の増加・はん離さ	○潤滑油の早期交換	○酸化劣化の促進、汚損 効果的な清浄処理 酸化安定性の向上
スラッジ処理		○スラッジ量の増大		○スラッジタンクの容量増加 効果的な燃焼焼却	

潤滑油性能引用文献リスト

文献の名称	出典
1 低質燃料油と潤滑油性能に関するアンケート調査回答について	石油連盟文書 56石連発第107号 (昭和56年10月28日付)
2 粗悪燃料油と潤滑油性能に関するアンケート集計表	SR185 エンジンメーカーに対するアンケート回答 (昭和56年10月集計)
3 船用大形中速ディーゼル機関の摩耗	日本船用機関学会誌第16巻第1号 (昭和56年1月)
4 外航大型船における超粗悪燃料油使用に関する調査研究	SR185, 55年度報告書 (昭和56年3月)
5 船用中速機関の燃料油低重質化動向と潤滑油に関する諸問題	日石レビュー第22巻5号 ('80.8) 磯部, 川口著
6 船用燃料油重質化対策・省エネルギー運航・省エネルギー船	フジテクノシステム発行 (昭和56年9月)
7 Quality Changes Expected in Marine Diesel Oil : Diesel and Gas turbine Progress	Dr. Ing M. K. Eberle (Sulzer) World Wide '78. 5
8 Marine Lubricating Oils for Future Propulsion Machinery "Marine Propulsion and Future Fuel Conference "	The Motor ship '79. 3 D. Gorothorn (shell)
9 Lubricant and Fuel in ship	Shell Lubricants Development Division
10 潤滑油管理面より見た船用ディーゼル機関の問題点	内燃機関 '76. 7 奥田 (NYK) 著

## 5. 燃料油添加剤

項目	障害事例・問題点	将来の低質油化に伴なつて新たに発生が予測される障害・問題点	原因・因果関係	現実的な対策・研究成果
スラッジ分散抑制	燃料タンク底へのスラッジ堆積 ストレーナー、油加熱器のスラッジ閉塞、清浄機内のスラッジ堆積、清浄不良によるアスファルテン分の増加および加熱によるアスファルテン分の増加および排出ガス系の煤堆積増大	スラッジの分散抑制剤の燃料タンクへの添加によるスラッジ発生防止添加量は、添加剤メータ推奨値による。効果の判定はスラッジの減少量測定汚れ度合による。	燃料油の熱分解残渣油混合による熱安定性および親和性の低下（アスファルテン分の増加および加熱によるアスファルテン分の析出）による。	スラッジの分散抑制剤の燃料タンクへの添加によるスラッジ発生防止添加量は、添加剤メータ推奨値による。効果の判定はスラッジの減少量測定汚れ度合による。
油水分離促進	清掃機、燃料系タンクでの水分離不良好による油送系統の汚れ、腐食、燃料弁の噴霧不良	同左の障害増大	燃料油中の水エマルジョン化による海水の混入による。 燃料油の比重が高いことによる。	水分子離促進剤の添加（水粒子粗大化）によるタンク内及び清掃機の水分離効果を高める。
燃焼促進	燃焼不良（燃焼退れ）[ディーゼル機関の出力低下 排気温度の上昇 黒煙濃度の上昇 着火遅れ]	ディーゼル機関の出力低下、起動不可 燃焼室過給機の汚れ増大 排ガス系の煤堆積増大 ス系煤発生付着	燃料油中の残留炭素分、アスファルト分不純物などの増加、高C/H比化による。	助燃剤、燃焼促進剤の添加による燃焼性の改善
低温腐食防止	排ガスエコノマイザ、煙道、排気弁などの腐食	同左の腐食増大による各部品の寿命低下	燃料油中のS分含有率が高い。S分は燃焼によりSO <sub>2</sub> ガスを発生し、その5%がSO <sub>3</sub> となりSO <sub>3</sub> の部分縮により希硫酸となる。	燃焼触媒添加剤（Mg、Ba等）を添加し、SO <sub>2</sub> からSO <sub>3</sub> への転化阻止及び無害の中性物質への転換をはかる。
高温腐食防止	排気弁、ピストンリングの腐食、吹抜け	同左の腐食増大による各部品の寿命低下	燃料油中のV、Na分の含有率が高い。燃焼によりV <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 、Na <sub>2</sub> VO <sub>4</sub> など低融点成分の形成による金属腐食発生。	燃焼触媒添加剤（MgO）の添加により灰分の浴着を防止する。
煤じん防止	燃料弁のカーボンフラー 燃焼室内のカーボン付着、堆積 排ガスのばいじん発生 排ガスエコノマイザの蒸発量低下	同左の汚れ増大 掃除頻度の増大 ディーゼル機関の出力低下、排ガスエコノマイザの蒸発量不足	燃料油中の遊離炭素分、未燃分、残炭アスファルト分の含有率が高いためによる。	煤じん防止剤、燃焼促進剤の添加。 煙分計の設置による常時煤じんの監視。
触媒除去	燃料弁、ピストンリング、シリシダーライナなどの摩耗	同左寿命の低下及部品交換頻度の増大	FCC触媒の混入による	凝聚剤の添加による清浄機での除去効果を高める。

燃料油添加剤引用文献リスト

文献の名称	出典
1. 重油添加剤の手引	日本船舶機関士協会 '80.3
2. 燃料油添加剤に関するアンケート集計表	SR 185 各添加剤メーカーへのアンケート回答 (昭和56年10月)
3. 添加剤メーカーカタログ	各添加剤メーカー発行
4. 船用燃料油の低質化に対する機関・機器の調査報告書 (第1報)	日本舶用工業会 (昭和56年3月)
5. 船用燃料油重質化対策 省エネルギー運航、省エネルギー船	フジテクノシステム発行 昭和56年9月10日
6. 重油燃焼機関における燃焼生成物と添加剤について	GAMLEN CHEMICAL Syborn Corporation
7. Fuel Oil Qualities and Additives	The Motor Ship '80.2 Geil Offsen (Hoxol Marine Chemical) Stig Falster (Unitor Ship Service)

## 第3章 アンケート調査

### 1. アンケート調査の目的

主機関・補機器を含む燃料油システムの実態（現時点における設計条件、限界仕様等）を把握すると共に、将来、市場に現われると思われる最も粗悪な燃料油に近い性状を有するISO-RM55Hの使用対策を調査することを目的とする。

### 2. アンケート分野とアンケート先

#### 2.1 燃料関連機器（ポンプ、こし器、清浄機等の一般補機器）

日本舶用工業会の協力を得て、主要な機器メーカーに対して、「現状機種の作動原理・構造及び仕様条件・設計条件」について、又、「ISO-RM55H 対策としての将来の検討仕様」についてアンケートを行った。（回答の中にはISO-RM55H以外の、例えばIF380クラスの燃料油を将来の検討課題として回答したものも少数含まれている）

#### 2.2 ディーゼル機関

日本舶用工業会の協力を得て主要な機関メーカーに対して、「現状の許容し得る上限の燃料性状及び将来、設計変更によって使用可能となる上限の燃料性状」について、又、「現状の使用燃料に対する推奨潤滑油性状及びISO-RM55Hに対する推奨潤滑油性状」についてアンケートを行った。

#### 2.3 燃料油添加剤

主要な燃料油添加剤メーカーに対して、「燃料油添加剤の種類・用途・用法等の現状」についてアンケートを行った。

#### 2.4 ディーゼル主機関を中心とする周辺燃料システム及びスラッジ処理システム

西日本の造船所を中心に舶用機関学会がアンケート調査の対象とした造船所に対して、「燃料タンク及び蒸気トレス（又は電気ヒータートレス）の設計・計画条件の現状ならびにISO-RM55Hの使用に対する問題点と対策」について、又、「ISO-RM55Hを常時使用することを前提としたスラッジシステム」についてアンケートを行ったが、スラッジ処理システムについては、日本船主協会及び主要な廃油焼却炉メーカーに対してもアンケートを行った。

### 3. アンケートのとりまとめ

アンケートの回収に関しては日本船主協会からは、一括とりまとめの形式で御回答頂いたのをはじめ、延べ65社に対して行ったアンケートのうち57社という多数の会社から詳細な御回答を頂いた。これは粗悪燃料油問題に関する業界の関心の高さを示すものと思われる。

この様に関係各方面から、多大なる協力を得たので、最終年度（昭和57年度）のとりまとめの貴重な資料とすることが出来る様以下に示す様に整理した。

#### (1) 機器アンケート

1. 燃料油移送ポンプ
2. 燃料油清浄機
3. 燃料油流量計

4. 燃料油ブースターポンプ

5. 主機用燃料油加熱器

6. 精密燃料油こし器

7. A/Cブレンダー

8. スラッジ移送ポンプ

(2) ディーゼル機関アンケート

1. 現状のエンジンにおける燃料油の許容性状

2. 開発目標としている燃料油の許容性状

3. 使用燃料を低質油に移行するに当って必要な対策内容

4. ISO-RM55H燃料を使用する場合の問題点と今後の開発課題

5. システム油

6. シリンダー油

(3) 燃料油添加剤の各社製品アンケート

(4) ディーゼル主機関を中心とする周辺燃料システム及びスラッジ処理システム

1. 燃料油澄タンク・常用タンク

2. 燃料油リターンチャンバー

3. FO管スチームトレーシング

4. 燃料油オーバーフロータンク

5. 燃料油スラッジ処理システム

6. 粗悪燃料油ISO-RM55H使用時のスラッジ処理

### 3.1 機器アンケート

#### 3.1.1 燃料油移送ポンプ

[質問] 1. 構造・原理及び仕様条件、設計条件

[回答]

1. 構造・原理 電動歯車ポンプ(1社)

電動ネジポンプ(2社) ……モノポンプ(1軸ネジ)を含む。

2. 仕様条件 ①粘度 110～1,100 cSt at 35°C (2社)

1～6,000 cSt (豎形構造にした場合 20,000～50,000 cStまで) (モノ)

/

②吸入圧 -380 mm Hg (2社)

-700 mm Hg (モノ)

吐出圧 3～7%G (2社)

0～24%G (モノ)

③容量 10～200 m³/h (2社)

0.5～200m³/h (モノ)

④その他 モノポンプ(1軸ネジ)

3. 設計条件 ①ギヤー ダブルヘリカル(1社)

ネジ 3軸(1社)

1軸(1社)

②要部材質

	ギヤポンプ	3軸ネジポンプ	(1軸ネジ) モノポンプ
ケーシング	鋳鉄 (F C)	鋳鉄 (F C)	F C又はS S
ギヤ	炭素鋼		
シャフト	炭素鋼		
主ネジ		炭素鋼 (S45C)	
従ネジ		球状黒鉛鋳鉄 (F C D)	
ローター			特殊ハイクロム鋼
ステーター			耐油性合成ゴム

[質問] 2. 将来の粗悪油 ISO - RM55Hに対する考慮など

[回答]

1. 高粘度化対策

- ①スチームジャケットあるいはトレースを行ない加熱・保温する。(ギヤ, 3軸ネジ)
- ②吸入配管径を太くする事が望ましい。(ギヤ, 3軸ネジ)
- ③④に関連して、抽気能力を持った構造が望ましい。(ギヤ)
  - ドライ運転となつても焼付かない構造が望ましい。(ギヤ)
  - ポンプの回転数を下げN P S H req. を小さくする。(3軸ネジ)
- ④外部軸受式ギヤポンプを選定する。(ギヤ)
- ⑤計圧器は隔膜式とする。
- ⑥玉弁やコックを廃し、仕切弁とする。
- ⑦計圧器検出座はポンプフランジ部でなく直接、配管から20Aの短管(フランジ形)から取る方が良い。
- ⑧タンク構造によっては油圧駆動の堅型ディープウェルポンプも考慮中。(モノ)

2. スラッジ対策

- ①本来ネジポンプへのスラッジは摩耗につながることがあるので、ストレーナのメッシュを細かくする必要がある。(3軸ネジ)
- ただし、N P S Hとの関連があるので、吸入条件によっては外部軸受式の2軸ネジポンプで対応する。

### 3.1.2 燃料流量計

[質問] 1. 構造及び原理、仕様条件・設計条件

[回答] 3社

1. 構造及び原理 容積式流量計

ロータリーベーン型……………(1社)

ロータリーディスプレスマント型……………(2社)

オーバルギヤ式

ルーツ式

2. 仕様条件 ①計測範囲

1.2 ~ 880 m<sup>3</sup>/h

4 ~ 450 m<sup>3</sup>/h

0.01 ~ 1200 m<sup>3</sup>/h

②限界粘度(限界温度)

2,000 cp

200cp

500cp

### 3. 設計条件

#### ①精度

0.5% ..... (1社)

0.2%又は0.5% ..... (2社)

#### ②要部本質

##### 本体

ロータリーベーン

SC 49

オーバルギヤ

鋳鉄・鋳鋼

ルーツ

FC, SC

##### 回転部

特殊合金鋼

鋳鉄又はステンレス鋼

AC 7A, PBB

[質問] 2. 将来の粗悪油 I SO-RM55Hに対する考慮など

[回答]

1. 非接触型の開発研究が必要
2. 軸受材質、ロータ材質変更の検討（耐摩耗性・耐食性の向上）
3. 接液部品の削減
4. 回転数の減少（1ランク上のサイズを選定する）
5. 主要部分の潤滑
6. 回転子構造の変更
7. 専用機種とするが、汎用機と計数部・発信器部は共通とする。

### 3.1.3 燃料油清浄機

[質問] 1. 構造・原理及び仕様条件、設計条件

[回答]

1. 構造・原理 分離板形遠心分離器（セルフクリーニングタイプ）
2. 仕様条件 (下記特記以外は3社の回答を示す)
  - ①限界比重 • 三相分離の場合（スラッジ一水一油） ..... 0.99 / 15°C
  - 二相分離の場合（スラッジ一油） ..... 油の比重は特に限界なし  
但しスラッジとの比重差があること (1社)

②限界粘度 600cSt / 50°C

③分離温度 98°C ± 2°C

但し二相分離の場合 120°C程度まで可能 ..... (1社)

### 3. 設計条件

①除去粒径 • 比重 1.8, 粒径 2 μ (1社)

• 理論式において比重 1.8 粒径 2 μとしているが、将来粒径分布等を考慮する必要がある。  
(1社)

②スラッジ排出 • 連続自動排出 (1社)

• 間欠自動排出（部分排出又は全量排出） (2社)

③定格容量ベース / 600cSt 油処理絞り率

• 潤滑油処理容量 / 40 ~ 46 % (1社)

• A重油処理容量 / 40 % (1社)

• 軽油処理容量 / 15% (1社)

[質問] 2. 将来の粗悪油 ISO-RM 55H に対する考慮など

[回答]

1. スーパーデカントで前処理を行い油清浄機で処理する。
2. 分離性能／分離効率の表示法の確立。
3. 信頼性の向上（スラッジ量の増加、腐食性の増大等に対する対応）。
4. 省力化に対応した自動化システム、メインテナンス方法（CIP<sup>\*</sup>）等の考慮。<sup>\*</sup>Cleaning In Place
5. 一定流量の油を静かに送る流量無調整の独立ポンプ。
6. スラッジの排出は1～2時間毎。
7. メインとスタンバイセパレータはその容量を最大限利用する為2台常用とすること。
8. メインとスタンバイセパレータはシリーズ（ピュリファイヤの次にクラリファイヤ）に運転されることが望ましい。これは今日の低質重油はそのクリーニングの際、遠心セパレータの性能のほぼ限界に近い厳しい条件での運転が必要な為。

### 3.1.4 燃料油ブースターポンプ

[質問] 1. 構造・原理及び仕様条件・設計条件

[回答] 3社

1.	構造・原理	電動歯車ポンプ（1社） 電動トロコイドギヤロータリーポンプ（1社） 電動ネジポンプ（1社）							
2.	仕様条件	①粘度 22cSt (@70°C) ~ 175 cSt (@60°C) (ギヤ) 22cSt (@70°C) ~ 160 cSt (@60°C) (トロコイド) 30~800 cSt (ネジ)							
	②吐出圧	8~10%G (ギヤ, ネジ) ~4.5 %G (トロコイド)							
	③容 量	1~20 m³/h (ギヤ, ネジ) 0.3~3 m³/h (トロコイド)							
3.	設計条件	①ギヤ ダブルヘリカルギヤ (ギヤ) トロコイドギア (トロコイド) ネジ 3軸 (ネジ)							
	②要部材質	<table border="0"><thead><tr><th></th><th>ギヤポンプ ケーシング ギヤ アウタギヤ インナーギヤ 主ネジ 従ネジ シャフト</th><th>トロコイド型 ギヤポンプ ノジュラ一鉄 (FCD 45) 炭素鋼 クロムモリブデン鋼 (SCM21) クロムモリブデン鋼 (SCM21) 炭素鋼 (S 45C) 球状黒鉛鉄 (FCD)</th><th>ネジポンプ 鉄鉄 (FC) ノジュラ一鉄 (FCD 45) 炭素鋼 クロムモリブデン鋼 (SCM21)</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td>炭素鋼</td><td></td></tr></tbody></table>		ギヤポンプ ケーシング ギヤ アウタギヤ インナーギヤ 主ネジ 従ネジ シャフト	トロコイド型 ギヤポンプ ノジュラ一鉄 (FCD 45) 炭素鋼 クロムモリブデン鋼 (SCM21) クロムモリブデン鋼 (SCM21) 炭素鋼 (S 45C) 球状黒鉛鉄 (FCD)	ネジポンプ 鉄鉄 (FC) ノジュラ一鉄 (FCD 45) 炭素鋼 クロムモリブデン鋼 (SCM21)		炭素鋼	
	ギヤポンプ ケーシング ギヤ アウタギヤ インナーギヤ 主ネジ 従ネジ シャフト	トロコイド型 ギヤポンプ ノジュラ一鉄 (FCD 45) 炭素鋼 クロムモリブデン鋼 (SCM21) クロムモリブデン鋼 (SCM21) 炭素鋼 (S 45C) 球状黒鉛鉄 (FCD)	ネジポンプ 鉄鉄 (FC) ノジュラ一鉄 (FCD 45) 炭素鋼 クロムモリブデン鋼 (SCM21)						
	炭素鋼								

[質問] 2. 将来の粗悪油 ISO-RM 55H に対する考慮など

[回答]

1. 夾雑物の増加・安定性の劣化・腐食性等の燃料性状の変化に対応する。

2. トロコイドギヤポンプは、現状 1,500 秒仕様であり、これを 3,500 秒仕様までグレードアップする。

### 3.1.5 主機用燃料油加熱器

(質問) 1. 構造・原理及び仕様条件・設計条件

(回答) 4 社

1. 構造・原理	横型・円筒・ピンチューブ式	(1 社)	
	横型・円筒・スパイラルフィンチューブ式	(2 社)	
	連続プレート式	(1 社)	
2. 仕様条件	①限界粘度 600cSt (50°C)	(2 社)	
	不明	(2 社)	
②容量範囲	0.5 ~ 30 m³/h (1 社) ..... 1 筒につき		
	1 ~ 1,200 m³/h (1 社) ..... プレート式		
	0.5 ~ 40 m³/h (1 社) ..... 1 筒につき		
	1 ~ 30 m³/h (1 社) ..... 1 筒につき		
③加熱源	蒸気 10% G 鮎和以下 (3 社)		
	2 ~ 14% G 鮎和、過熱蒸気も可 (1 社)		
3. 設計条件	①油流速 0.5 ~ m/s 以下 (2 社)		
	0.1 ~ 1.0 m/s (1 社)		
②K 値、汚れ係数	1,500 ~ 2,500 Kcal/m² hr °C, 0.85		
	1,000 ~ 5,000 Kcal/m² hr °C, -		
	500 ~ 2,500 Kcal/m² hr °C, 0.85		
③要部材質	ピンチューブ式	スパイラルフィンチューブ式	プレート式
シェル	S TS / S TPG	STPG 38, KP42, SM50	(1 社)
チューブ	S TS / S TPG	STPG38	(1 社)
フィン		磨き帶鋼 (NMC-S) ... (1 社)	
ピ ン	アルミニウム	SPC-C	(1 社)
プレート			SUS 304
フレーム			SS 41
④伝熱面負荷	0.5 ~ 3.0 Kcal/hr · cm²	..... (1 社)	

(質問) 2. 将來の粗悪油 ISO-RM55H に対する考慮など

(回答) 1. 超粗悪燃料油に対して Coil 式ヒーターの検討を予定している。  
2. 現状のまま対応する。

### 3.1.6 精密燃料油こし器

(質問) 1. 構造・原理及び仕様条件・設計条件

(回答) 6 社 (うち 1 社はアンケート外技術資料による) 7 種

- 構造・原理 逆洗型 高圧エヤ駆動 (1 社)  
手動レバー (1 社)  
電動チェーン駆動 (1 社)  
自己流体油圧駆動 (1 社)  
油圧モーター駆動 (1 社)

	吸着型	多数エレメント単筒式	(1社)
		多数エレメント複筒式	(1社)
2. 仕様条件	①処理容量		
	逆洗型	0.15 ~ 1.0 m³/h	(1社)
		~ 10 m³/h	(2社)
		~ 30 m³/h 以上	(3社)
	吸着型	~ 10 m³/h	(1社)
		~ 24 m³/h	(1社)
	②限界粘度		
	逆洗型	350cSt (50°C)	(1社)
		500cSt (50°C)	(1社)…… 170 °C Max
		600cSt (50°C)	(2社)…… 150 °C Max
		回答なし	(1社)
	吸着型	600cSt (50°C)	(2社)…… 150 °C Max
	③スチームジャケット	有り	
	④F O圧力		
	逆洗型	2 ~ 3.5 %G	(1社)
		10%G	(1社)
		10%G 以上	(1社)
		16%G	(1社)
	吸着型	10%G	(2社)
3. 設計条件	①エレメント		
	逆洗型	5 μ	(1社)
		10 μ	(1社)
		25 μ	(3社)
	吸着型	2 ~ 3 μ	(1社)
		5 μ	(1社)
	②エレメント材質		
	逆洗型	SUS 316 ゴーズワイヤ	(1社)
		SUS 316 L ノッチワイヤ	(2社)
		ポリアミド樹脂	(1社)
	吸着型	テフロンスポンジ	(1社)
		木片・サイザル・綿糸複合	(1社)
	③本体材質		
	逆洗型	FCD45 or SC46	(1社)
		FC20	(1社)
		SC45	(1社)
		SS41	(2社)
	吸着型	SS41, STPG	(1社)
		SS41, SGP	(1社)

④通過面積比

逆洗型 約 33.6 倍  $\frac{\text{エレメント面積} \times \text{通過率}}{\text{口 径}}$  (1 社)

約 10 倍 (同 上) (1 社)

約 56.3 倍 (エレメント面積 / 口径) (1 社)

吸着型 濾過速度 0.1 mm/S 以下 (1 社)

空 隙 率 77 %  
注 1) (1 社)

注 1)

$$\text{空隙率} = 1 - \frac{\text{濾材実重量}}{\text{濾材容積} \times \text{濾材比重}}$$

[質問] 2. 将来の粗悪油 I SO - RM55H に対する考慮など

[回答]

1. 燃料圧力の上限を上げる。
2. 連続自動逆洗方式とする。
3. 連続自動逆洗式こし器の下流に精密吸着式こし器を設置する。 (FCC触媒粒子が含まれていなければ、バイパスしても良い)
4. 粗悪油の持つ強い腐食性に対処する。
5. セットリングタンクとサービスタンクの中間に水分除去専用吸着式こし器を設置する。
6. アルミ、シリカ等をより効果的に除去するシステムの確立 (ホモジナイザーとの組合せ等)

### 3.1.7 A/C ブレンダ

[質問] 1. 構造原理及び仕様条件、設計条件

[回答] 4 社 7 型式

#### 1. 構造・原理

##### (1) 構成

- 1) A重油及びC重油供給ポンプ
- 2) ミキサー
- 3) ブレンド油サービスタンク (3件)、或はアキュムレータ (1件)、或はチャンバー (2件)、或はエアレパレータ (1件)
- 4) 混合油加熱器
- 5) コントローラ

上記に加えミキサ出口に混合油ポンプを持ったものがある。

##### (2) ミキサーの形式

ダイナミックミキサ (電動) (1 社)

スタティックミキサ (3 社)

#### 2. 仕様条件

##### (1) 処理量 (4 社の標準容量を示す)

1,100 ~ 6,300 ℓ/h (4 つの型番の最小 ~ 最大を示す)

100 ~ 1,800 ℓ/h

60 ~ 400 ℓ/h

225 ~ 1,200 ℓ/h

1,300 ℓ/h

## (2) 混合比

A : C      80 : 20 ~ 20 : 80 (2社)

0 : 100 ~ 100 : 0 (1社)

80 : 20 ≈ 50 : 50 (1社)

### (3) 自動化

- 1) ミキサ及び重油供給ポンプはブレンド油タンクレベルで自動発停
  - 2) 混合油ポンプの流量はエアレパレータレベルにより自動制御
  - 3) 重油供給ポンプはブレンド油タンクレベルで自動発停

### 3. 設計條件

### (1) ブレンド油ヒータ加熱方式

蒸気又は電気加熱式 (6件)

### 電氣加熱式

(2) ブレンド油こし器

ブレンド油ポンプ入口 60~100 メッシュ (4社)

機関入口 1 次こし器 100 メッシュ (3 社)

実効30μ (1社)

### (3) ブレンド油タンク容量

2~4時間分

2 ~ 6 "

4 ~ 8 "

[質問] 将来の粗悪油 ISO – RM55H に対する考慮など

[回答] (1社)

### 粘度によるA : C混合比の自動調節

### 3.1.8 スラッジ移送ポンプ

(質問) 1. 構造・原理及び仕様条件・設計条件

[回答] 3社

- |          |               |                          |      |
|----------|---------------|--------------------------|------|
| 1. 構造・原理 | 容積形一軸ネジ式横形ポンプ |                          |      |
| 2. 仕様条件  | ①粘 度          | 1,000 ~ 1,100 cSt 以下     | (2社) |
|          |               | 1 ~ 6,000 cSt            | (1社) |
|          | ②吐 出 壓        | 2 ~ 6 %G                 |      |
|          |               | 2 ~ 8 %G                 |      |
|          |               | 0 ~ 24 %G                |      |
|          | ③容 量          | 1 ~ 20 m <sup>3</sup> /h |      |
|          |               | 1 ~ 5 m <sup>3</sup> /h  |      |

3. 設計条件 ①ロータ 一条雄ネジ  
                   ②要部材質  
                   ロータ 不銹鋼 (SUS) (2社)  
                   特殊ハイクローム鋼 (1社)

ケーシング 鋳鉄 (F C) (2社)

鋳鉄又は軟鋼 (S S 41) (1社)

ステータ 合成ゴム

(質問) 2. 将来の粗悪油 ISO - RM55H に対する考慮など

(回答)

1. 金属製ステータはスラッジ移送ポンプとして普及するとは考えられない。
2. 空運転防止システムの改善・強化が必要（ロータ、ステータの摩耗は不可避）
3. 夾雑物増加及び腐食性に対して偏心継手部の保護強化の検討の要あり。
4. 本ポンプ方式はロータ径の $\frac{1}{6}$ 迄の粒径物はポンピング可能だが、入口にこし器があればなお良い。

### 3.2 ディーゼル機関アンケート

#### 3.2.1 現状のエンジンにおける燃料油の許容性状

	2サイクル機関 ( )内は回答数を示す。回答総数:11	4サイクル機関 ( )内は回答数を示す。回答総数:12
◦粘度, sec. RW No.1 / 100°F	6,000 (1)	1,500 (2), 3,500 (8), 4,000 (1), 6,000 (1)
◦アスファルテン, % wt	8 (1), 10 (1), 13 (4), 14 (4) 規定値なし (1)	4 (2), 8 (3), 10 (2), 12 (1) 規定値なし (4)
◦残炭, % wt	15 (3), 18 (4), 20 (4)	10 (4), 12 (3), 14 (1), 15 (3), 18 (1)
◦灰分, % wt	0.1 (7), 0.2 (3), 規定値なし (1)	0.05 (4), 0.1 (5), 0.15 (1), 0.2 (1) 規定値なし (1)
◦S, % wt	4 (1), 5 (10)	3 (1), 3.5 (4), 4 (7)
◦V, $\mu$	300 (1), 500 (4), 600 (5), 規定値なし (1)	100 (3), 120 (1), 150 (1), 200 (5), 300 (1), 規定値なし (1)
◦Al (触媒粒子を含む), $\mu$	0 (10), 30 (1…但しアルミナ・シリカ)	0 (10), 30 (2…但しアルミナ・シリカ)

#### 3.2.2 開発目標としている燃料油の許容性状

	2サイクル機関 ( )内は回答数を示す。回答総数:6	4サイクル機関 ( )内は回答数を示す。回答総数:11
◦粘度, sec RW No.1 / 100°F		3,500 (2), 4,000 (1), 4,500 (1), 6,000 (6)
◦アスファルテン, % wt	ISO (M1) クラス (6)	7,000 (1) 6 (1), 7 (1), 10 (3), 12 (2), 14 (2), 15 (1), 規定値なし (1)
◦残炭, % wt		15 (4), 18 (2), 20 (1), 22 (4)
◦灰分, % wt		0.06 (1), 0.1 (4), 0.15 (1), 0.2 (4) 規定値なし (1)
◦S, %		4 (5), 5 (6)
◦V, $\mu$		200 (2), 300 (3), 400 (1), 600 (5) 30 (8)
◦Al (触媒粒子を含む), $\mu$	3 (1)	3 (1), 5 (3)
◦エンジン入口における Al (触媒粒子を含む), $\mu$	2 (1), 3 (1), 5 (1)	1.2 (1), 2 (1), 3 (3), 5 (2)
◦エンジン入口における FCC 触媒粒子の許容最大粒子径, $\mu$		

### 3.2.3 使用燃料を低質油に移行するに当つて必要な対策内容

機関形式	2 サイクル機関	4 サイクル機関
使用燃料油	現状の 6,000 秒油使用から ISO MI クラス 燃料油使用への対策	現状の 3,500 秒油使用から ISO MI クラス 燃料油使用への対策 (含 6,000 秒→ISO MI クラス、1 社)
	<p>1. 燃料噴射系統の改善</p> <p>① 噴射圧を上げる ② 短時間で噴射する ③ 適正な噴射圧の確保と二次噴射防止 ④ 噴口の最適化 ⑤ 筒内温度を高くする ⑥ 燃料弁シートとノズルの耐久性向上をはかる</p> <p>2. 燃料油処理、その他</p> <p>① 適正粘度の確保（粘度コントローラ採用） ② 燃料油中の固体スラッジを極力除去する ③ ホモジナイザによる燃料油の均質化</p>	<p>現状の 3,500 秒油使用から 4,500 秒油使用 への対策</p> <p>1. 燃料噴射系統の改善</p> <p>① 噴射圧を上げる ③ 二次噴射防止 ⑦ 高噴射率燃料ポンプの採用 2. 燃料油処理、その他</p> <p>① 同 左 ② 同 左</p> <p>1. 燃料噴射系統の改善</p> <p>① 噴射圧を上げる ③ 二次噴射防止 ⑦ 噴射率の増加 2. 燃料油処理、その他</p> <p>① 同 左 ② 同 左</p>
	<p>1. 燃 料</p> <p>① A重油による始動</p> <p>(2) 着火性能低下に対する対策</p>	<p>1. 燃 料</p> <p>① 同 左 ② 原則として暖機後パンカ燃料にて起動。</p> <p>A重油→パンカ燃料の切換はなるべく避け、起動困難時のみ A重油使用 ③ 低負荷時は A/Cブレンンド油使用 ④ 同 左 2. 同 左</p> <p>1. 燃 料</p> <p>① 同 左 ② 原則として暖機後パンカ燃料にて起動。</p> <p>A重油→パンカ燃料の切換はなるべく避け、起動困難時のみ A重油使用 ③ 低負荷時は A/Cブレンンド油使用 ④ 同 左 3. 同 左 4. 同 左 5. 同 左 6. 同 左 7. 助燃剤の使用 8. 燃料弁冷却水温度を上限に推持 9. 低負荷時運転の負荷制限を行う</p> <p>10. オーバラップ変更、吸気閉変更</p>

機関形式	2 サイクル機関	4 サイクル機関
(3) 対策 燃焼・長焰性火炎の低減に対する対応	1. 燃料油の噴霧性能低下対策の実施 2. 燃料油と空気の混合改善 3. 高温燃焼室 4. FO噴射タイミングの調整 5. 燃料油の適正な浄油処理 6. 適正な燃焼室形状 7. 適正な空気量の確保 8. 助燃剤の使用	1. 同左 2. 燃焼空気流の利用 3. 同左 4. 同左 (自動調整) 5. free water の乳化処理及び均質化処理 6. 同左
燃料弁	① 燃料油の適正な浄油処理 2. 燃料油粘度の適正化 3. 適正な噴射圧確保と二次噴射防止 4. 冷却水温度を上げる 5. 燃料油の噴霧性能低下対策の実施 6. その他燃焼性の低下対策実施 7. FO添加剤(スラッジ分散剤)の使用	1. 同左 2. 同左 3. 同左 4. 同左 5. 同同 6. 同 7. 同 8. 燃料弁冷却効果の確保 低負荷過冷却防止 9. 燃料弁冷却油温度の恒温
汚損、スラッジ堆積に対する対策	②燃焼室面 ③燃焼室面 1. 燃焼性低下対策の実施 2. 潤滑油性能の向上	1. 同左 2. 清浄分散性の良いLO採用 3. 冷却水温度を上げる
ピリング ・ブリッジ・ライナ 排気弁	④燃焼性低下対策の実施 1. シリンダ油のCa塙の弊害を極力少なくする 2. 排気弁を1弁化 3. 排気方法の改善 4. 涼滑油の性能向上 5. 涼滑油の性能向上	1. 同左 2. 同左 3. リング温度の適正化、冷却強化 4. 低負荷時過冷却防止 5. 同左
		1. 水冷強化 2. ステムシール 3. パルブローテータの装備

(4) 汚対 損する ス対 策 ラッジ 堆積に	6. 燃料中の Na 分の除去 7. 材質、形状の変更	6. 同 左	
	1. 燃料中の Na 分をできるだけ除去 2. 水洗装置の装備、きめこまかนา水洗	1. 同 左 2. 同 左 3. 燃焼性低下対策の実施 4. 通給系の改善による排気温度の低下	2. 同 左 4. ノズル温度の低下 5. ノズルエリアの確保
	6. シリンダ油の適正量注油 (特に低負荷で)	6. 同 左	
	1. 燃料ポンプのプランジャーとバレル及び燃料弁の噴孔部の材質変更 (硬度 up) ① 材質の選定と組合せ ② 熱処理、表面処理 ③ 燃料の適正な浄油処理	1. 同 左 2. 同 左 3. 固形スラッジ (特に粒径の大きなスラッジ) の除去	2. 適正クリアランス LO潤滑 3. 清浄機容量の増大とカートリッジ式フィルタの設置 (2~3 μまで除去目標)
	④ 燃料ポンプ及び燃料弁の除去 ⑤ 燃料中の塵質物 (軟質スラッジ) の均質分散 ⑥ 主機入口ヒータは余裕のあるものを使い、燃料油の局部的高加熱をさける。 ⑦ サービスタンク、セットリングタンクの設計改良 (セットリング効果のよい形状構造)	2. 同 左 3. 硬質異物及び水分等を出来るだけ除去 ④ 油清浄機の高絞り率運転とフィルタの使用 ⑤ 主機入口ヒータは余裕のあるものを使い、燃料油の局部的高加熱をさける。 ⑥ サービスタンク、セットリングタンクの設計改良 (セットリング効果のよい形状構造)	
	⑧ 燃焼性の低下対策の実施 ⑨ 材質変更 ⑩ ライナとリング材組合せの最適化 ⑪ 硬度の増加 ⑫ クループ (1, 2段) の硬度向上 ⑬ シリンダ油の適正選択と適正注油量の確保 ⑭ 燃料の適正な浄油処理 ⑮ 壓縮機の高絞り率運転とフィルタの使用 ⑯ 油清浄機の高絞り率運転とフィルタの使用	1. 同 左 2. 同 左 3. 同 左 4. 同 左	2. 材質変更 ② 硬度の増加 ③ 組織改善 3. 適正 LO の選定 4. 清浄機容量の増大とカートリッジ式フィルタの設置 (2~3 μまで除去目標)
	⑰ 高温腐食が発生するほど高い温度レベルがないため対策必要なし ⑱ シリンダライナの適正温度確保	1. 同 左 2. 冷却効果を高める 表面温度の適正值を保つよう冷却温度コントロール	2. 冷却強化 3. 耐磨耗性材料使用

機関形式	2 サイクル機関	4 サイクル機関
(6) 高温腐食対策	<p>② ピクラストン・</p> <p>1. 冷却効果を高める、適正温度の確保 燃料油噴霧の改善 クラウン形状の改善 材質の改善 表面処理法を開発</p> <p>③ 排気弁</p> <p>1. 冷却による温度低減(冷却方法の改善)、弁棒冷却 材質変更 ・ニッケルベース又はナイモニック材の採用</p> <p>2. 表面処理法の開発 ・排気弁の座面構造の改善</p> <p>3. 燃焼改善対策の実施</p> <p>④ 燃料その他の処理</p> <p>1. バナジウム対策用添加剤の使用 2. Na, Cl (海水分) の除去 燃料添加剤の使用</p>	<p>3. 材質改善(特殊元素の添加) 4. 燃焼改善対策の実施による熱負荷減</p> <p>1. 同 左</p> <p>6. 燃焼改善対策の実施による熱負荷減 7. 対策不要</p> <p>特になし</p>
(7) 低温腐食対策	<p>① シリコン・</p> <p>1. 冷却水温度を上げ適正温度に保持 シリコンダ注油の適正化(質、量、タイムリーリーク等) 機関停止直後の注油を十分行う(自動化も考える)</p> <p>2. 耐低温腐食材料の採用</p> <p>② ピクラストン・</p> <p>1. 冷却水温度を上げ適正温度に保持 (ピストリング、グループの腐食対策 : Cr メッキ等)</p> <p>③ 排気弁</p> <p>1. 適正温度の確保 2. 耐食材料又はコーティング採用</p> <p>④ 燃料その他の処理</p> <p>1. 潤滑油の性能向上 ・高アルカリシリカ油の使用</p>	<p>3. 材質改善(特殊元素の添加) 4. 燃焼改善対策の実施による熱負荷減</p> <p>1. 同 左</p> <p>6. 燃焼改善対策の実施による熱負荷減 7. 対策不要</p> <p>特になし</p> <p>1. シート部(シリンドヘッド)の冷却強化 材質変更 ・ニッケルベース又はナイモニック材の採用 ・耐食コーティング</p> <p>2. 同 左</p> <p>耐高温腐食材の採用</p> <p>3. ニッケルベース又はナイモニック材の採用 セラミック等無機材によるコーティング ・シート部にコバルトベース耐熱合金を使用 4. 過給系の改善による排氣温度低下 同 左</p> <p>特になし</p> <p>1. 同 左</p> <p>2. Na の除去 3. シリカ系添加剤の採用</p> <p>1. 同 左</p> <p>2. " LO の TB N を上げる 機関停止時エヤランニングを行う 同 左</p> <p>特になし</p> <p>1. 同 左</p> <p>2. 特殊表面処理を採用 3. 対策不要</p> <p>1. 同 左</p> <p>2. " "ステム及びブッシュに耐低温腐食材採用又は表面コーティング実施 3. 弁棒注油の採用</p> <p>1. 同 左</p> <p>2. " "ステム部の耐食材使用 排気弁システムの耐食材使用</p> <p>1. 同 左</p> <p>2. 水冷弁座恒温冷却 3. 耐食材料 耐食材料の潤滑油使用</p> <p>1. 同 左</p> <p>2. " 潤滑油の TB N を上げる ・潤滑油の TB N を上げる</p> <p>1. LO 中和能力強化 使用燃料油の S 分が 3% を超える場合 にはアルカリ性潤滑油使用</p>

### 3.2.4 ISO RM 55 H 燃料を使用する場合の問題点と今後の開発課題

#### 1. 燃焼関係

- ① 燃焼室の構造形状の研究開発
- ② 高噴霧性能の燃料噴射システムの開発
- ③ 高残炭、アスファルテン含有燃料の燃焼向上策の研究開発

#### 2. 摩耗、腐食関係

- ① FCC触媒の除去装置の開発
- ② 自己洗浄機能を有するファインフィルタ（3 μ位）の開発（実用化）
- ③ 高比重燃料油の清浄方法の確立
- ④ ライナー、ピストン、ピストンリング、排気弁、FOポンプ及びFO弁について、耐摩耗、耐食性を向上させるための材質、熱処理および表面処理の研究開発

#### 3. 潤滑油、添加剤

- ① 高度の中和能力をもつシリンダ油の開発
- ② 助燃剤、スラッジ分散剤の開発

#### 4. その他

- ① 燃料油の比重、粘度、水分、S分、バナジウム及びFCC触媒等に対する船内での（自動）分析、監視システムの開発
- ② 燃料油中のFCC触媒自動検知システムの開発
- ③ 腐食性燃料の自動検知装置の開発

### 3.2.5 システム油アンケート取まとめ表

(注) 平均値は回答が多い数値を示す。

FO種類 項目	クロスヘッド機関						トランクピストン機関						
	3,500秒以下(S分2~3%)	6,000秒(S分4~5%)	3,500秒以下(S分2~3%)	6,000秒(S分4~5%)	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均
推奨仕様	比重(15/4°C)	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.89	0.95	0.9	0.9	0.92	0.9
	粘度(cSt100°C)	9.3	11.5	10~11	9.3	11.5	10~11	10	16.3	11~15	10	21.5	11~16
	粘度指数	85	100	90~95	85	110	90~100	85	100	95~100	85	110	95~100
	硫酸灰	—	—	—	—	—	—	できるだけ少とする	4.2	—	できるだけ少とする	60	—
	全塩基価(mgKOH/g)	3	12	5~10	3	20	5~12	10	40	20~30	10	60	30~50
	SAE粘度グレード	30	30	30	30	30	30	30	40	30~40	30	50	40
	消費率(g/PS·h)	0.05	0.2	0.1~0.15	0.05	0.2	0.1~0.15	0.4	10	0.6~1.0	0.6	1.2	0.6~1.2
交換基準	選定基準	(清浄分散性、潤滑性、耐熱性、水分離性)						(FO中のS分含有率)					
	その他												
	使用時間(h)	(性状分析結果による。又は5,000時間の使用を要望)						(性状分析結果による。又は消費分を補給する)					
	対新油粘度(cSt 40°C)	±10	±25	±10	±10	±25	±10	±10	+35 -25	±25	±20	+35 -25	+20~25
	引火点(PM°C)	新油-30	155	150	新油-30	155	130	150	200	150~180	150	200	150~180
	水分(vol%)	0.2	1.0	0.2~1.0	0.2	1.0	0.2~1.0	0.1	0.5	0.2~0.5	0.1	0.5	0.1~0.2
	全塩基価(mgKOH/h) 新油+1.5	1.0	1.0	新油+1.5	1.0	1.0	1.5	5	1.5~2.0	1.5	1.5	1.5	1.5
	塩基価(〃)	1.0	2.0	1.0~2.0	1.0	2.0	1.0~2.0	2	5	2~2.5	2	5	2~2.5
	N-ペンタン不溶分(%)	2.0	2.5	2.0	1.5	2.5	2.0	1	5	2~3	1.5	3.5	2~3
	ベンゼン不溶分(%)	0.5	1.0	0.5~1.0	0.5	1.0	0.5~1.0	0.5	1	0.5~1	0.5	1	0.5~1
浄化要領	強酸価(mg KOH)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他												
	(注) ベンゼン不溶分は、N-ペンタン不溶分との差を示す												
	サンプルタンク容量(l/PS)	1.0	2.0	1.2~1.5	1.0	2.0	1.2~1.5	1	2.5	1~2	1.2	2.5	1.5~2
	清浄回数(回/日)	1.0	3.0	2.0~3.0	1.0	3.0	2.0~3.0	3	6	3~5	3	6	4~5
	フイルタ 全量式	50	50	50	50	50	50	20	75	30	10	30	
	側流式	1	1	1	1	1	1	1	10	3~5	1	10	2~3
清浄機通油量 (公称能力比%)	30	60	30~60	30	60	30~60	20	50	30~50	20	30	20~30	
	清浄機性能(μ)	—	—	—	0.5	1	0.5~1	—	—	—	0.5	5	0.5~1
課題				清浄分散性、溶解性 耐荷重性、耐高温酸化性 水分離性の向上、無灰添 加剤の使用、簡易分析裝 置の設置、自動油性状の 監視								清浄分散性、熱安定性、 耐荷重性、水分離性、耐高 温酸化性の向上、無灰添 加剤の開発、清浄機の性 能向上、簡易分析器又自 動性状監視装置の設置	
アンケート回答会社	6社			6社			12社			10社			
エンジン機種	4種			4種			8種			7種			

### 3.2.6 シリンダ油アンケート取まとめ表

(注) 平均値は回答が多い数値を示す。

FO 種類	クロスヘッド機関						トランクピストン機関					
	3,500秒以下(S分2~3%)			6,000秒(S分4~5%)			3,500秒以下(S分2~3%)			6,000秒(S分4~5%)		
項目	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	最均
推 奨 仕 様	比重(15/4°C)	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.92	0.94	0.94	0.94	0.94
	粘度(cSt 100°C)	12	20	16~18	12	20	16~18	12	13	12	15.4	15.4
	粘度指数	70	102	80~100	70	110	80~100	70	96	70	104	104
	硫酸灰	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	全塩基価(mgKOH/g)	50	100	60~80	50	100	70~100	40	60	40	70	70
	SAE粘度グレート	40	50	40~50	40	50	50	30	40	40	40	40
	消費率(gPS/h)	0.6	0.9	0.6~0.8	0.6	0.9	0.6~0.8	0.6	1.0	0.6	0.8	0.8
選定基準	(FO中のS分含有率)						(FO中のS分含有率)					
その他の	FO中のS分含有率が低い場合は低TBNとする。											
課題	清浄性、熱安定性、耐荷重性の向上、灰分の少ないもの、注油量を少なくできるものの開発、S分指示計の設置						一般により高い酸中和性、清浄性、熱安定性を要す。潤滑性能を低下せず灰分の少ない高塩基価を有するものの開発					
アンケート回答会社	6社			6社			2社			2社		
エンジン機種	4種			4種			2種			2種		

### 3.3 燃料油添加剤の各社製品アンケート

品名	効用	スラッジ 分離抑制 分散	油水分離	防カビ	助燃	低温腐食 防止	高温腐食 防止	スケール 付着防止	煤煙防止	硫黄酸化物 防止	Al-Si 除去
DIESEL LOL-280	◎/○				○/-	○/-				○/-	
GAMLENOL 75C-D	◎/○				○/-	○/-				○/-	
DIESEL LOL-2103	◎/○	○/○			○/-	○/-				○/-	○/○
GAMLENOL X 379B	◎/○				○/○	○/○	○/○	○/○	○/○	○/-	
DIESEL LOL 297					○/○	○/○	○/○	○/○	○/○	○/○	
GAMA BREAK		◎/○									○/○
GAMA BREAK 110K		◎/○									○/○
DIESEL LOL 1268		○/○			○/○	○/○	○/○	○/○	○/○	○/○	
DIESEL LOL-MS						○/○	○/○	○/○	○/○	○/○	
ネオス # 451	◎/○	○/○									
ネオス 451-U	◎/○	○/○				(油水分離剤との併用不可)					
ネオス 551	◎/○					(油水分離剤、凝集剤との併用不可)					
ネオス 55-S	◎/○					(油水分離剤、凝集剤との併用不可)					
ネオス 35-S	◎/○	○/○				○/○					○/○
ネオス Mg-S, U						○/○	○/○	○/○	○/○	○/○	
ネオス Ba-S, U		(油水分離剤との併用不可)				○/○				○/○	
ネオス # 951						○/○			○/○	○/○	
ネオス EB~10 W		◎/○				(比重 0.99 以下に適用)					
ネオス E B - 30		◎/○				(エマルジョン燃料安定剤との併用不可)					
YUNIC - 500D	◎/○					(油水分離剤、凝集剤との併用不可)					
YUNIC - 300		◎/○				(分散剤との併用不可)					
YUNIC - 500 M	○/○					○/○				○/○	
YUNIC - 600 AS										○/-	(A, B重油用)
YUNIC - 60 BA						○/○	○/○	○/○			(ボイラ用C重油)
DESTOL - F						○/○					
クリトニック MD-C	◎/○	○/○				(アニオノン系活性剤との併用不可)					
クリトニック-101	◎/○					○/○					
クリトニック-EB		◎/○				○/○					
クリトニック AS-16		◎/○				○/○					
クリトニック TCA		◎/○									
クリトニックエコン-3B	○/○					○/○	○/○	○/○		○/○	
タイトニック 201						○/○	○/○	○/○			
クリトニック A-2						○/-	(軽油, A重油用)				

- (注) 1. ○は効用のあるもの, ◎はとくに効果があるものを示す。  
 2. 各欄斜線の左側は燃料油3,500秒以下, 右側は6,000秒以下に効果のあるものを示す。  
 3. 上表は昭和56年10月現在, 各添加剤メーカーへのアンケート結果を集約した。

### 3.4 ディーゼル主機関を中心とする周辺燃料システム及びスラッジ処理システムのアンケート

#### 3.4.1 燃料油澄タンク・常用タンク

[質問] 1. 粗悪油による問題点について

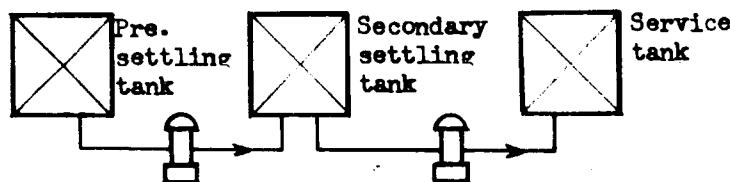
[回答]

1. スラッジの異常析出 } (8件)  
スラッジの除去
2. 水分・水泥分過多 } (7件)  
水分の除去
3. 澄タンクにおける異種油の分離。
4. タンク加熱温度を上昇するため粗悪油中の軽質油がベーパー化し、空気抜より多量に出る可能性がある  
(重質油と軽質油をブレンドにて粗悪油にしている)。

[質問] 2. 粗悪油への対策について

[回答]

1. 澄タンクを2ヶ設け切替使用する(移送注入から清浄機にかける迄の静置時間を長くする)。(4件)
2. 澄タンク容量を大きくし、自動補油システムとする。
3. 澄タンク～大きくする。又は2ヶにする。  
常用タンク～大きくする。
4. 澄タンクは給油インターバルを短くし、タンク内の油温の変化を少くする。タンクには温調弁による温調を行う。
5. 澄タンクの容量(静置時間)と形状については不純物の沈澱効果に及ぼす保持温度、加熱による対流および船体動搖による攪乱に加え、加熱温度によるスラッジ生成の度合を考慮する必要があり、どの程度のものが適当かの調査研究が必要と思われる。
6. 澄タンクを2ヶ設け下記の如き2段清浄とする。

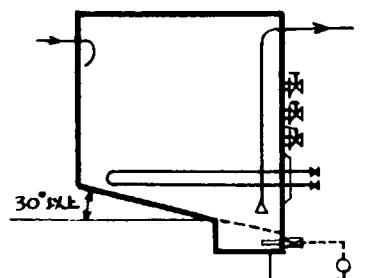


#### 7. 常用タンク(現状どうり)

[澄タンク→清浄機→常用タンク→澄タンク]による連続清浄システム。  
オーバーフロー

#### 8. 構造

- ・タンク底部の傾斜を大として水泥分の堆積を防ぐ。(8件)
- ・油取り管端はタンク側壁に開放し、スラッジ水の攪拌を防ぐ。  
(2件)
- ・油取出しは多段の弁を設け上澄みを取出す。  
油取出し部はスライド式とする。  
(4件)
- ・油取出し部はフロートサクションとし上澄み油を取出す。  
取出しは上澄みを取る様にする。
- ・澄タンク内に仕切り壁を設け、供給油が直接Purifierへ吸入されるのを防止する。



- ・スラッジ水の沈降を早めるためタンク形状を浅広形（扁平）とする。
- ・ピッチング、ローリングにより底部の水、スラッジ分が上部に昇らないように立長の深いタンクとする。
- ・補強リブはタンクの外側に設けスラッジが落ちやすくなる。
- ・タンク底部にスラッジ水レベルによる自動排出弁又はタイマー作動による自動間欠排出弁を設ける。
- ・底部ドレン弁はタイマー又は水位検出による自動排出弁とする。（澄タンク）

底部の汚油はタイマーにより自動排出する。（常用タンク）

- ・スラッジ、水分のレベルにより自動排出（澄タンク、常用タンク）（2件）
- ・タンク底部のスラッジ抜きは、スラッジ水のレベルによる自動排出弁又はタイマー作動による自動間欠排出弁を設け、短時間にスラッジが排出可能な様なドレン抜きとする（管弁のサイジング）。
- ・スラッジの集収を早め、ブローオフ時の吹き上げ防止のため傾斜板を検討中。
- ・オーバーフローは底部より排出する様にする。
- ・加熱管は堆積スラッジ搔出し容易とするため引抜式とする。
- ・Heating Coil は加熱容量を十分大きくする（2系統化を検討）。
- ・タンク内保持温度を高くする。
- ・添加剤の使用、機械的前処理等も併せて総合的に検討する。

### 3.4.2 燃料油リターン・チャンバー

[質問] 容量・形状

[回答] (回答24社)

#### 1. 形式

- (1) スタンドパイプ方式 (21件)
- (2) クッションチャンバ方式 (3件)

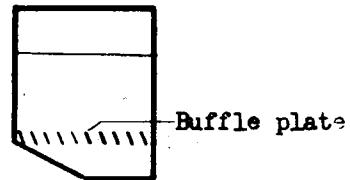
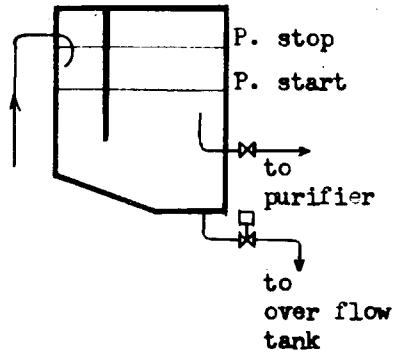
#### 2. 口径・容量

- (1) 主機出力にかかわらず、口径一定 (9件)
  - 200 mmφ ◦ 300 mmφ (3件)
  - 250 mmφ (2件) ◦ 350 mmφ (3件)
- (2) 主機出力ランクにより、口径決定 (11件)
  - 250 ~ 350 mmφ (4件) ◦ 250 ~ 400 mmφ
  - 250 ~ 300 mmφ (6件)
- (3) 主機燃料消費量により、250 ~ 450 mmφで容量決定 (4件)
  - 主機50%負荷の燃料消費量の15~20分間分 (3件)
  - 主機50%負荷の燃料消費量の20~40分間分

#### 3. 主機からの戻り管の位置（スタンドパイプ方式のもののみ対象）

- (1) スタンドパイプ常用油面より上にもどす (10件)。
- (2) スタンドパイプ常用油面下にもどす (11件)。

#### 4. 主機からの戻り油入口形状



- (1) スタンドパイプ円周方向ふき出し。陣笠式エアセパレータ付。 (6件)
- (2) スタンドパイプ円周方向ふき出し。 (4件)
- (3) 戻り油入口部を二重管とし、外管円周方向ふき出し。 (4件)
- (4) スタンドパイプ壁面ふき出し。 (7件)
- (5) クッションチャンバ内で上向きふき出し。 (3件)

[質問] リターンチャンバ、エアベント

[回答] (回答24社)

1. エアベント配管

- (1) 単独配管し、配管中にドレンセパレータ装備 (11件)
- (2) 単独配管、ドレンセパレータなし (6件)
- (3) 他のタンクと結合、ドレンセパレータ装備 (7件)

2. エアベント口径

- (1) 65 mm $\phi$  (8件)
- (2) 100 mm $\phi$  (9件)
- (3) 50 ~ 100 mm $\phi$  (2件)
- (4) 80 ~ 100 mm $\phi$  (3件)
- (5) 65 ~ 125 mm $\phi$  (2件)

[質問] 粗悪油対策

[回答]

1. 突沸現象対策 (回答19社)

- (1) エアベントラインにドレンセパレータ設置 (8件)
- (2) エアベントラインのドレンセパレータを上方に移設 (2件)
- (3) エアベント単独配管 (3件)
- (4) エアベント開口部を上方に移設 (2件)
- (5) スタンドパイプを上方に延長し、空気部分の容積増大 (3件)
- (6) 主機からの戻り油を常用油面以下に戻す (2件)
- (7) 主機からの戻り油配管中に、空気分離器設置 (5件)
- (8) 主機入口燃料油温度を下げる (8件)

2. その他 (回答24社)

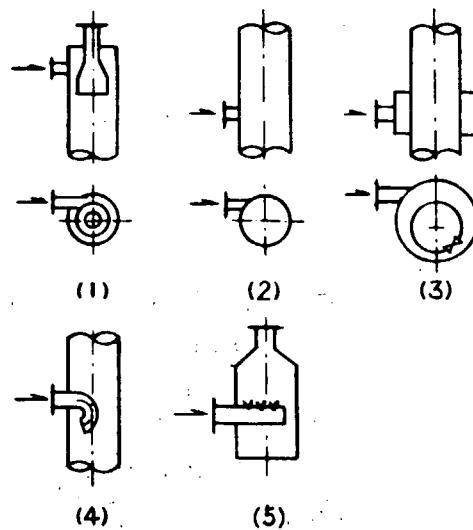
- (1) 保温施行 (10件)
- (2) 保温およびスチームトレーサ施行 (14件)

### 3. 4. 3 燃料油・管スチームトレーシング

[質問] 1. 現状のトレーシング用蒸気圧力は、何Gですか

[回答]

1. 3K ~ 5K 飽和
2. 4K 飽和 (4件)
3. 6K 飽和蒸気

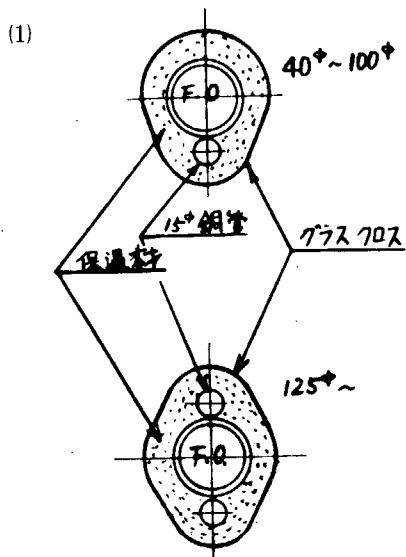


4. 4 K ~ 7 K 飽和 (2 件)

5. 3 K ~ 4 K 飽和

[質問] 2. 現状のトレーシング方法

[回答]



(2)

F.O. 配管径 : 150 φまで

トレーシング管材料 : 鋼管

トレーシング管口径 : 8 φ

トレーシング本数 : 1 本

図は(1)に同じ。

(3)

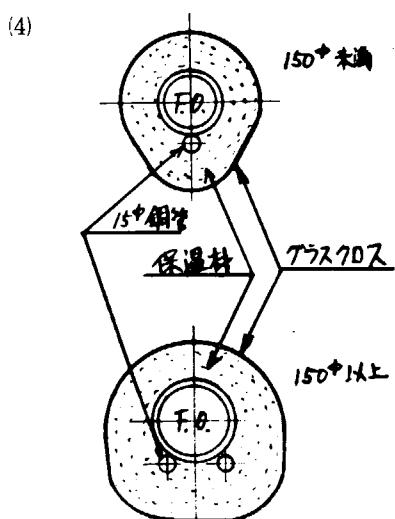
図は(1)に同じ。

100 A 未満 10 φ

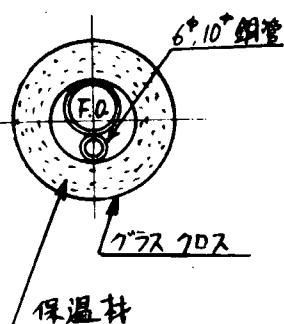
100 A 以上 15 φ

(注) 150 φ以上のFO

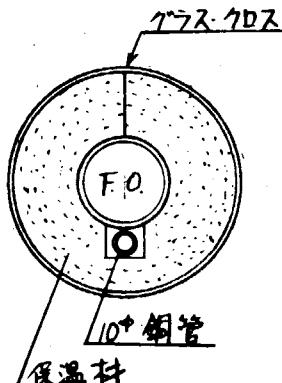
piping 実績なし。



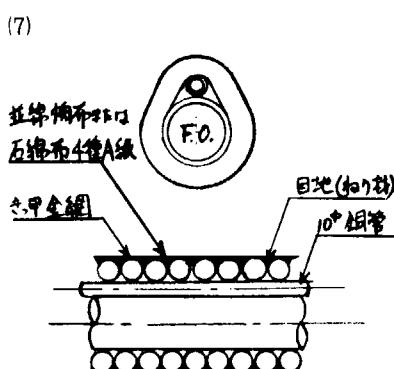
(5)



(6)



高粘度油又は特別な理由で管内油温度を高温に保持する必要のある場合を除きトレース管は1本。



(7)

(8) サイズにかかわらず、(4)の 150 φ未満の要領に同じ。

ただし、一系統のトレース配管長が 100 m を超えないようにしている。

トレーシング管は 15 φ 銅管。

(9)

原則的には(4)に同じ。

• 150 A 以上 : 3 本

• 保溫を完全に実施することによりスチームパイプは必ずしも母管の下側でなくてもよいことにしてある。

(現場施行上困難)

[質問] 3. 将来の粗悪油に対してどの様な項目を検討していますか。

[回答]

1. FO ドレンラインにも、スチームトレーシングを施工する。(6件)
2. M/E FO 及びBoiler FO ラインのトレーシングには7%Gの飽和蒸気を使用する。
3. Sludge ラインのスチームトレース。(2件)
4. 配管中の温度を下げない。(50°Cキープ)
5. 油管内の油をオーバーフロータンク内へ落すか、A Oil と変える。又はAir にてカラにする。
6. トレーシング管の本数増加。(2本)
7. Steam Jacket 付 FO Strainer の採用。
8. FO 移送ラインのスチームトレース。
9. 甲板収入管、オーバーフロー管のスチームトレース。
10. 電熱式オートトレースを50m位装備品として支給する。

[質問] 4. 電熱式オートトレースを使用したことがありますか。

[回答]

1. 海洋構造物には使ったことがあるが、舶用では使用した事がない。
2. なし。
3. 舶用補助ボイラの燃料ラインに使用した実績がある。
4. 船体部では、氷結防止用として実績あり。
5. 工事の簡便さから、FO 系統への適用を検討中。
6. 検討したが価格が高い為採用しなかった。
7. 発電機用 A - B oil ラインの保温に使用した。(負荷によるB→A自動切換の為、温度差なくす為)
8. ボイラFO ラインに使用経験有り。又、シースヒータも使用している。
9. 使用実績有り。中国産 A 重油使用(流動点20°C)、A 重油ラインに施工(G/E, Aux. Boiler)。
10. 特殊船、修繕船での実績あり。

### 3.4.4 燃料油オーバーフロータンク

[質問] 1. 粗悪油による問題点について

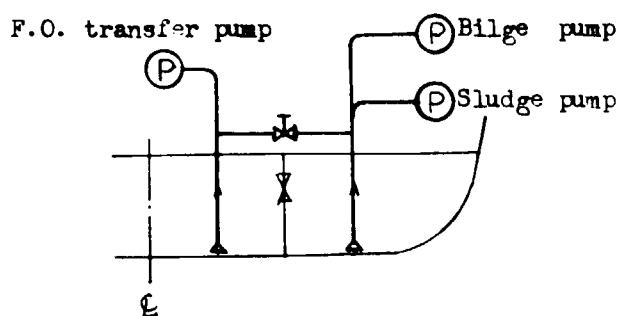
[回答]

1. 澄タンク、常用タンクからの大量のブローオフが流入してくる。(特にタイマー作動ブロー弁の場合)(6件)
2. スラッジ分のタンク底部固着。
3. オーバーフロータンクに残留スラッジが大量に堆積する。
4. オーバーフロータンク内油温上昇。
5. 大容量のタンクが必要。

[質問] 2. 粗悪油への対策について

[回答]

1. 構造及び自動化(3件)
  - ・タンク内部に仕切りを設け、上澄みをFO 系統へ沈澱部をスラッジ又はビルジ系統へ移送するH/L アラームを設ける。
2. 1に同じ。但し各ポンプに空引き防止装置を設けることを考慮している。



3. 上澄油はLevel検出によるFO Transfer Pumpの自動発停で移送する。但し、FO Settling TankのLevelによるFO Transfer Pumpの発停との優先順序およびPipe Lineの切替へ等を考慮する必要がある。
4. 1に同じ。但し澄タンク、常用タンクからのブローオフをFO ドレンタンクに導き、上澄みをオーバーフロータンクに落すことも考えられる。
5. 2重底オーバーフロータンクに直接入れずブローオフトンクに導き、上澄はオーバーフロータンクへ、スラッジ水分はスラッジタンクへ入れる。
6. • Recovery Tank を新設しOver Flow Tank に落ちたドレンをすぐRecovery Tank にシフト、Settlingさせ、水、油、スラッジに分離させる。  
水はビルジへ、油はSett.Tankへシフトする（スラッジはボイラ又は焼却炉にて燃やす）。  
• H/Lアラームを設ける。
7. タンク加熱コイルの強化、掃除用スチームブロー管の設置。
8. タンク内の油は大量のスラッジ処理可能な装置（デカンタ等）により一次清浄を行った後澄タンクへ移送する。
9. 底部スラッジはスラッジポンプによりスラッジタンク等へ移送できるようにする。

### 3.4.5 燃料油スラッジ処理システム

[質問] 1. Sludge Tank 容量の基準設定法はどのようなものですか。（現状）

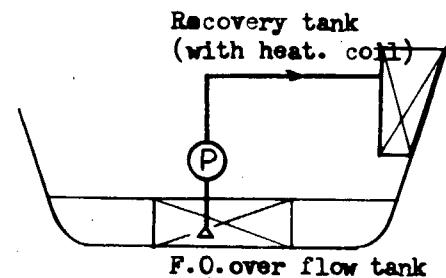
[回答]

1. 主機 10,000PS 未満 ..... 1.0 m³  
" " 以上 ..... 1.5 m³
2. 主機 15,000PS 以下 ..... 1.0 m³  
" " こえるとき ..... 2.0 m³
3. 船の大きさ 4,000GT 未満 ..... 1.0 m³ (IMCO 1978年議定書通り)  
" " ..... 2.0 m³
4. 油清浄機のスラッジ（水含む）排出分の3日分程度（1～2 m³）
5. FO 清浄機が4時間に1回スラッジ排出を行うものとして片航分のスラッジ量を収容できるものとする。
6. 主機械燃料油消費量をベースとして選定された清浄機メーカーのスラッジ発生量の2日分収容出来る容量。  
集約すると 主機出力 10,000PS 以下 ..... 0.5 m³  
" " 以上 ..... 1.0～1.5 m³
7. 原則として 1.0 m³ としている。（2件）
8. 決定基準なし。（14,000PS 迄の実績 1 m³）
9. 現状 0.5～1.0 m³

[質問] 2. Sludge Tank の加熱はどの様にしていますか。又コイル装備の場合はHeating Ratio (m³/m³) はどの程度ですか。

[回答]

1. Heating Coil を装備している。（Heating Ratio の規定はない）。（2件）
2. Steam Blow 方式としている。（7件）
3. Steam Blow 方式としているが、RW No 1 3,500秒、100°F FO の場合 Heating Coil を装備している。



[質問] 3. Sludge Tank 及び配管にどの様な工夫をしていますか、具体的に図示して下さい。

[回答]

1. スラッジ排出管は単独配管、従って清浄機毎に仕切りを設けたスラッジタンクとする。

スラッジ排出管傾斜は垂直に対して最大 30° までとする。

2. 集合管にて 1 本にまとめる。配管傾斜約 15° 位。

3. • Purifier から Sludge Tank への配管は原則として単独配管であるが、配置上 Common Pipe とすることもある。

• Sludge Tank からの Vapour が休止中の Purifier に腐食等の悪影響を及ぼさない様に各 Purifier の出口に弁を設けている。

• タンクへの配管はできる限り傾斜を設ける。

4. • スラッジ配管を単独にタンク迄導く場合、スラッジ排出管はそれぞれ内管付きとする。又は仕切壁を設ける。

• スラッジ配管をまとめる場合、それぞれの清浄機出口に弁を設ける。

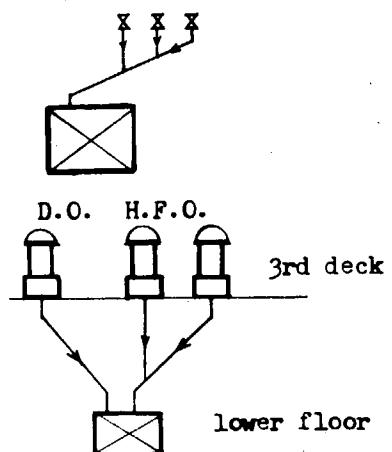
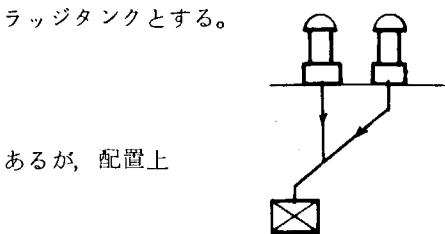
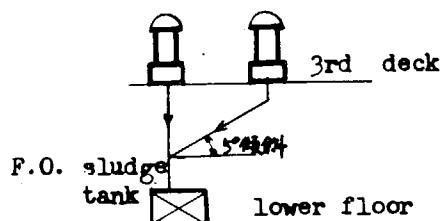
• 傾斜は 30° 以上とする。

5. • HFO 及び DO の兼用タンク

• タンクへの配管には 30° 以上の傾斜を設ける。

(配置上無理な場合はスラッジタンクを追加する)

- 6.



7. 配管が出来るだけストレートになるよう考慮している。

8. 各 Purifier からのスラッジ排出管を 1 本にまとめてスラッジタンクへ導く。但し各 Purifier のスラッジ出口に止弁を設ける。スラッジ配管は少くとも 5° 以上の傾斜をつける。

9. • Purifier 1 台毎に単独配管し、タンク内は Purifier 每に仕切りを設ける。但し、複数清浄機スラッジ出口管は配置により接続する場合が多い（極力傾斜をつける）。

10. 清浄機スラッジ管については、スチームトレース施行および出来るだけ清浄機の直下にスラッジタンクを設置することを考える。

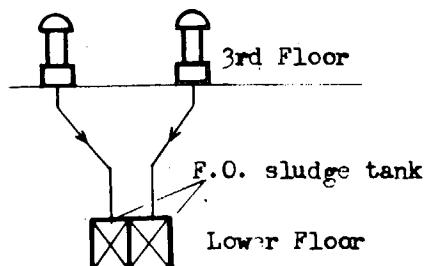
[質問] 4. Sludge 移送ポンプの仕様について

ポンプ形式

回転数

仕様粘度

等の現状はどの様なものですか。



[回答]

1. ポンプ形式

Mono Pump ..... 9 件

Piston Pump ..... 1 件

(Plunger Pump)

2. ポンプ回転数 300 ~ 450 rpm

(平均値)

3. 仕様粘度

1,000 cSt ..... 6 件

1,000 ~ 100 cSt ..... 1 件

4,000 sec RW No 1 100 °F ..... 2 件

[質問] 5. 将来の粗悪油に対する検討

① FO 清浄機よりの Sludge 排出量増加に対する対策案

[回答]

1. スラッジタンク容量決定法を見直す。スラッジ処理法も再検討し、清浄機メーカーのリコメンドも検討して取り入れる。(7 件)

2. Sludge Tank の容量増加については原則的には考えない。(外国船主などでたまに 7 ~ 10 日、中には 1 航海分などの大容量を要求される場合があるが、これらは移送に関する省力化がねらいであろう)

[質問] 5. 将来の粗悪油に対する検討

② 排出スラッジの処理をどの様に考えていますか。

[回答]

1. 移送方法はモノポンプで可能。

2. ロータリーバーナで燃料させる。

3. 燃却炉で処理する。

4. ボイラにて燃焼させる。(6 件)

5. 燃却炉又はボイラによる燃焼。

6. 大量のスラッジが発生する将来粗悪油の場合にはボイラにて燃焼させることも考える。

但し、燃焼室の汚れ対策等の検討が必要

[質問] 5. 将来の粗悪油に対する検討

③ 自動化システム

大量のスラッジが生成された場合、無人化船に適用できる様な処理システムについて考慮した事がありますか。考慮した事があればその考え方を示して下さい。未だ考慮した事がない場合は回答例についての御意見を記入願います。

[回答]

1. Sludge 中の含水量が多く、ボイラへの供給時は FO → Sludge の切替時に燃焼装置の再調整が必要である。従って極力水分の少ない上澄をボイラへ供給する工夫が必要である。

又、⑩は弁 A' のタンク側へ直列に配置し燃焼直前に微細化した方が効果大であろう。

スラッジセッティングタンク、サービスタンク内の水分の除去法を考慮する。

2. 考慮した事は無いが、回答例について基本的考え方は賛成

• Incinerator or Boiler の Auto Start Sequence との関係

- Sludge の含水率のコントロール
  - Sludge Tank 内 Sludge Pump Control
- 等を考慮する必要がある。

3. 将来はある程度の自動化が必要と考えるが、具体的な案は無い。自動化する場合、基本的には回答例とはほぼ同じであるが、FO, LO Sludge Tank での水切り、配管内での固着等艤装面での問題があると考えられる。

4. 特別なシステムを考慮したことはない。

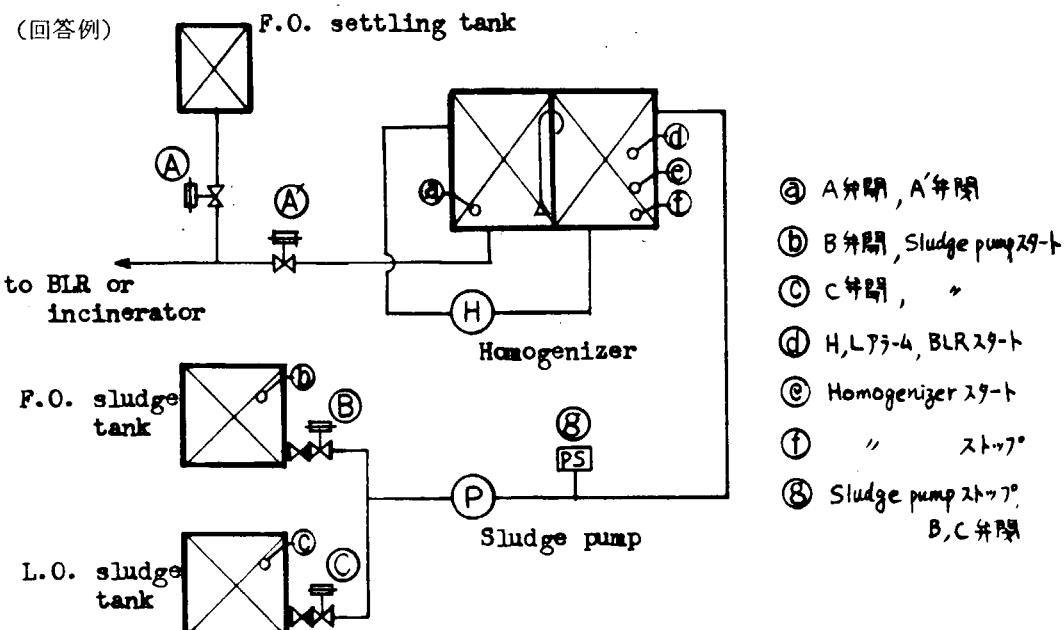
回答例の案はシステム的には問題ないと考えるが、費用・場所の点からここまでやる必要があるか疑問に思う。スラッジ処理はよほどその量が増大しない限り現状どうり人間の手で行うことでもよいのではないか。  
24時間でスラッジタンクが満杯になることはないと考える。

5. 回答例の如きシステムにて Sludge Oil の Boiler 焚をしている。

6. 特に考慮したことない。回答例にて良いと思います。

7. 具体的な検討案はない。

スラッジ性状が不安定であるので、回答例の廃油タンクで FO との混合を行ない、ホモジナイザで mix してボイラへ供給する方法又はボイラに廃油バーナを独立に設け、FO との混焼を行う方法がよいと考える。



### 3.4.6 粗悪燃料油 ISO-RM55 H 使用時のスラッジ処理に関するアンケート

アンケート内容	メー カ	造 船 所 (11社)	船 会 社 (13社)
スラッジ焼却設備 1) 廃油焼却炉における問題 ①どのようなバーナが適當か	[焼却炉メーカー (3社)] ◦ロータリ・カップ又は蒸気噴霧式 ..... 2社 ◦蒸気又は空気噴霧バーナ ..... 1社	◦ロータリ・カップ又は蒸気噴霧式 ..... 8社 ◦ロータリ・カップバーナ ..... 3社	—
②廃油タンク(サービス・タンク)	◦搅拌器+加熱コイル+ドレン弁 ..... 2社 ◦加熱コイル+ドレン弁+ポンプによる循環システム ..... 1社	◦搅拌器+加熱コイル+ドレン弁 ..... 9社 ◦加熱コイル+ドレン弁+ポンプによる循環システム ..... 1社	—
③廃油供給ポンプ	◦スクリューポンプ ..... 3社	◦スクリューポンプ又は欠円ギャポンプ ..... 3社 ◦ゴムのステータをもつスクリューポンプ ..... 6社	—
④廃油加熱器	◦ピンチューブヒータ... 1社 ◦ペアチューブヒータ... 1社	◦ピンチューブヒータ... 6社 ◦廃油タンクで加熱し、ヒータ設けない ..... 2社	—
⑤パイピング	◦スチーム・トレース施行 ◦滯溜部ドレン抜き ◦A重油への置換ができる	(左記以外の問題点)	—
⑥そ の 他	—	—	◦ 固形スラッジの焼却作業の省力化 ◦ 廃油の性状にかかわりなく安定した燃焼が得られるもの。 ◦ 無人運転できるもの ◦ 廃油タンクは内部掃除が容易な構造
2) 小型補助ボイラでスラッジ焼却する場合の問題 ①どのようなバーナが適當か	[ボイラメーカーおよびバーナメーカー (6社)] ◦蒸気噴霧又はロータリバーナ ..... 5社	—	—
②そ の 他	◦ ACCの複雑化 ◦燃焼状態の悪化、長炎化 ◦着火不良 ◦伝熱面汚れ ◦ポンプの摩耗	(左記以外の問題点) ◦バーナチップ、スワラの汚れ ◦高温、低温腐食 ◦スラッジ性状が一定しないため自動制御の方法に問題がある。	(左記以外の問題点) ◦ミスファイヤ ◦レンガ等の衰耗激化 ◦灰処理 ◦廃油ラインの閉塞 ◦負荷変動時の制御性

## 第4章 超粗悪燃料油とその使用に関する資料・文献の一覧表

No	名 称	発 行 時 期	内 容 の 概 略
77	VIEW POINT "Fuel for the Future"	The Motor Ship '77・8	• 1990年代には6000秒の燃料が登場し、ディーゼルメーカーは対応せざるを得なくなるだろう。 •代替エネルギーは原子力、浮化燃料、石炭(COM)が有力。
78	POWER TALK "Fuel's Paradise"	Marine Week '78・4・28	•将来燃料としての重油は、現在より粗悪化し、現状の様な直留系の良質油は入手困難となる。
79	<資料> 重質重油の処理について	石油と石油化 Vol. 22 № 4 '78・3	将来の「原油は重質化」「需要は軽質化」への対策の大きな柱である重質油分解装置の導入に当って留意すべき事項を挙げている。
80	石油精製と製品 その2 (潤滑油)	竹内敬三 日本船用機関学会誌 '78-10-78・10	•主に中東で産出されるパラフィン系原油から潤滑油を精製する工程と、各装置の説明。
81	分解プロセスの歩みと最近のFCCプロセス	三菱石油技術資料 № 53 日本船用機器開発協会	重油処理技術について、熱分解プロセス、フードリプロセス及びFCCプロセスの概要と最近のFCCプロセスについて運転条件及び收率の特徴、新技術の紹介、更にRosid FCCについての解説。
82	将来の燃料とディーゼル機関	Norwegian Maritime Research '78・№ 2	将来の船用原動機を選ぶ参考に供するため、燃料油の品質に影響を及ぼす諸要因について述べ、又将来の燃料をディーゼル機関についてのメーカー各社の見解を載せてしている。
83	Heavy Fuel Oil Characterization and Treatment	ノルウェーの6つの機関で行われた7種の問題燃料についての実験室及び船内のテスト結果の報告、又、市販添加剤についてのテスト結果について。	
84	パンカー重油の動向	金子雅男(三菱石油) 三菱石油 社内資料 '80・1	一次、二次石油危機を経た原油の供給状況、パンカーリー重油についてその種類と重質化への変化及び価格の動向について解説。
85	重質油の利用とその技術的諸問題	富永博夫(三菱石油) 三菱石油 社内資料 '80・8	重質油の高度利用のため、原料原油に最も適切な製品の生産のために最適の要素技術の組合せを適用するための考え方や問題点についての解説。
86	Experience from Burning Heavy Fuel Oils of Varying Quality Diesel Engines	T. C. Wiborg (N. V.) Trans. IMar E '80・10	粗悪油に伴なう実用上の問題につき、テストエンジンでの燃焼テスト及び253船からのレポートとともに粗悪油によるトラブルの原因について言及している他、粗悪油に対する処置の在り方についての解説。
87	燃料油の粗悪化傾向とその対策	閻岡信明、原順一(三菱重工) マリンエンジニア № 405 '80・12	燃料油の性状が機関に与える影響を解説し、機関及び船内設備としての対策について述べている。

No	名 称	発 行 者	発 行 時 期	内 容 の 概 略
88	Centrifugal Separator "Marine Propulsion and Future Fuels Conference"	L. Norling (Alfa Laval) The Motor Ship '79. 3		<ul style="list-style-type: none"> <li>アルファラバール社の遠心式油清浄機の原理から、同一サイズの並列運転が有効であることを説明している。</li> <li>将来燃料油の高比重・高粘度に対する対策について具体的に説明し、スラッジ含水量の多い燃料に対する処置についても述べている。</li> </ul>
89	Centrifugal separation and the cleaning of modern low grade heavy fuel oils	Stig Svensson, Bo Von Schultz (Alfa Laval) The Motor Ship.	July, 1980	最近の低質重油に対する前処理システムの在り方に就いてのガイドラインを示したもの。(油清浄機メーカーとしての見方)。
90	Treating poor heavy fuels — An operational approach to the problems	M. S. Bradley MARINE PROPULSION JULY / AUGUST, 1980		低質重油による問題点を整理したうえで、清浄機を使用しないホモジナイザとクリーファイアによる低質油処理システムを紹介している。
91	Benefits of self cleaning separators	MARINE PROPULSION JULY / AUGUST, 1980		遠心式清浄機の歴史とセルフクリーニング形油清浄機の作動原理等についての概説。
92	Sulzer's advice to operators	MARINE PROPULSION JULY / AUGUST, 1980		燃料前処理装置の操作時のチェックポイントと、ディーゼルエンジンとしての遠心式清浄機を使用した前処理システムのリコメンデーションの紹介。
93	The case for homogenisation	MARINE PROPULSION JULY / AUGUST, 1980		油清浄機はスラッジ処理や油ロス等の不利があるが、ホモジナイザはこういった不利もなく、運転・保守も安定しており省力化し易いとしている。ホモジナイザで3500秒を費した実船の状況をレポートしている。
94	Review of Shipboard Fuel Oil Treatment	M.R. Vincent, J.W. Harrison (Three Quay's Marine service) Trans. I Mar E(C) 1981, Vol. 93, Paper C 80		低質重油に対する前処理システムの検討及び将来油に対する問題点について言及。A/Cブレンドシステムの問題点やFCCの除去方法についても触れている。
95	Corrosion and corrosion prevention in lubricant systems	C. A. Smith Shipcare & Maritime Management Vol. 12, No. 9 September, 1980		潤滑油とそれに加えられる各種添加剤についての説明。
96	Current trends with marine fuel oils	C. A. Smith MARINE PROPULSION APRIL, 1981		燃料油に含まれる各コンポーネントによる問題点の整理と船上処理の在り方についてのリコメンデーション。 ライナ摩耗とシリンドラ油の適合について言及。

97	A fuel management programme to achieve maximum cost-effectiveness	James Foulger (Perolin Company) The Motor Ship December, 1980	Perolin社の "Fuelcare Program" の紹介。低質油の各コンポーネント特に粘度、比重、水分、流動点及び混合安定性に対する問題点等について整理している。
98	Centrifuging of marine oils	George F. Brown (Alfa - Laval ) MER AUGUST, 1981	遠心式清浄機の原理、型式、オペレーション、インターフェイスの調整要因等の解説と将来油に対する清浄機の選定、運転に関するガイドライン。
99	Marine fuel oil homogenisation	A. Jenkins (Vickers Shipbuilding and Engineering Ltd.) MER AUGUST, 1981	ビッカース社ホモジナイザの原理、構造等の説明。
100	船舶用燃料油の低質化対策に関する指針(案)	日本海事協会誌No 176 昭和56年	船舶における粗悪燃料油による障害と船用燃料油の現状、テスト方法、粗悪燃料油を補油したときの応急処置及び低質油に対する船内燃料油設備についてのガイドライン。
101	Westfalia's approach to heavy fuel oil separation	The Motor Ship September , 1981	オペレーションによる遠心式清浄機の清浄効率についての解説と Westfalia の新しい "SEPARATING ZONE CONTROL" 及び電子式自動操作盤についての紹介。
102	日本燃機連合会 1981年4月 内閣通ニュースNo14 (将来燃料特集号)	日本内燃機関連合会 1981年4月	1979~81にかけてのCIMAC Working Group "Future Fuels" の活動報告及びISOのWGにおける低質化燃料を予想した燃料油規格作成の動きについての報告。
103	Development of Marine Fuel Standard	R. F. Thomas (B. P.) Trans. I Mar E (TM) 1981, Vol. 93	舶用燃料油の規格の必要性についての説明と BS (英 規格) におけるMarine Fuel Standard Sub - Committee の活動及びISOへ提出のBS規格案についての解説。
104	On board experience with fuel blending	S. Kobayashi (Dowdell & Co. ) MARINE PROPULSION JULY / AUGUST , 1981	A/Cブレンダの使用実績及び燃料混合安定性による事故防止のための注意事項について。
105	An integrated approach to fuel problems	J. E. Foulger (The Perolin Co. Ltd.) MARINE PROPULSION JULY / AUGUST 1981	粗悪燃料油に対しては十分な知識をもって対処していく必要性があるとの概説を示したもの。
106	How the diesel will cope with future fuels	Shipcare & Maritime Management '79 • 9	将来予測される燃料油性状を述べ、比重、粘度、イオウ分、CCR、V、セタン価、水分の各成分ごとにエンジンデザイン、潤滑油性状、燃料取扱い及び前処理の点から対策を述べる。

No	名 称	行 程	発 行 期	内 容 の 概 要
107	Low grade fuels : the burning question facing ship operators	Shipcare & Maritime Management '80 • 6		パンカ性状仕様準及びバンカリング特注意事項に関するINTERTANKOやOcean Fleetsの動きを紹介。また、アルファラバル及びヴィカース各社の低質油前処理法について紹介。
108	Low speed valved diesel engines	The Motor Ship Conference '79 • 3		将来予想される燃料油の低質化が、エンジンの設計や保守の面に与える影響について、B & W社の K 90 G F をベースにまとめたもの。
109	Coal -based fuels and the diesel	The Motor Ship '80 • 9		液化石炭は高価となるため、微粉炭とディーゼル油、水とのスラリー燃料(石炭重量濃度32%)を燃焼した結果等、SULZER, B&W, MAN の石炭利用への研究を紹介。
110	A fuel management programme to achieve maximum cost - effectiveness	The Motor Ship '80 • 12		安価な低質油を利用する場合、その性状や取扱い方等に十分な考慮が払われて初めて、保守費を増さずに経済的にしうる。ここでは、Perolin Co.によるFuelcare Program を紹介している。
111	The Future Marine Propulsion System , Trends , Problems and Possibilities	13th CIMAC D7		船速、主機出力、主機の型式、燃料単価、資金利回り等を種々変化させて、船舶輸送の最適化問題を論じている。また、種々の推進形式の信頼性について検討している。
112	A Proposal for Handling Deteriorating Fuel Qualities	DET NORSKE VERITAS		安価な低質油を利用しても、運航の安全性や信頼性が損なわれては、大損失となる可能性がある。ここでは、DET NORSE VERITAS がINTERTANKOと協力して作成した FUEL QUALITY TESTING PROGRAMMEを説明している。
113	Application of Low - quality Fuels in Large Bore Diesel Engines Aspects for Future Bunker Fuels and Their Influence on Engine Performance	Ole Grone , Burmeister & Wain Engineering		燃料油の種々の性状が、燃焼過程、シリンドラ状態、排気弁状態、燃料噴射システム、排ガスラインの汚れ等にあたえる影響をのべている。また、8,500 キロ、13,000 秒燃焼実験結果を記載。
114	Development of marine fuel standards	Trans. I Mar E (TM) '81 • Vol. 93		British Standards Marine Fuel Standards Sub - Committee による船用燃料油の等級とその仕様についての提案。
115	Treatment of marine fuels	BP , 81 • 1		低質油、前処理方法について、最近ホモジナイザやフィルターの採用が試みられているが、まだ達心清浄機に匹敵するものではないと述べ、達心型利用に当っての種々の注意を述べている。
116	Bunker fuel	BP		船用燃料油の需給関係、油性状の変化等に関する見通しについて、今世紀末までは低質化するけれど重油供給は可能と述べ、それ以後石炭をベースとした燃料になると推定している。

117	Diesel fuel qualities	MARINE ENGINEERING / LOG '81・2 & 3	パンカ性状を明確化する必要性とその為の海運界や各国の動きを紹介。また、アルファラベルの低質油に対する前処理方法について紹介している。
118	<序説>船舶用燃料の低質化への対応	造船技術 '81・2	舶用燃料油の低質化に対する各國の動き及び関連メークの動きを紹介。
119	船舶用燃料油およびエンジン油の動向	丸善石油技術資料 '80	船用燃料油の重低質化をうながす要因について紹介し、今後の動向を述べる。またエンジン油の役割を述べ、今後の動向を述べる。
120	ケイ素分析法とその意義	丸善石油技術資料 '80	ケイ素はFCC残油中に混入したシリカ・アルミナ触媒によるものでピストリシングやライナー部の異常摩耗の原因となるが、その検出法として、フッ化水素重量法、原子吸光分析法等を紹介。
121	船舶用中速機関の燃料油、低・重質化動向と潤滑油に対する諸問題	日石レビュー '80・8, 22巻4号	将来燃料油性状動向を述べ、それに対する中速機関における使用技術的対応を各成分ごとに紹介。また、潤滑油性能における技術的対応について紹介。
122	Marine Fuels —Current and Future Trends —	W. P. Cullen (チキサコ) 日石マリンシンポジウム '81・10	将来の舶用燃料油の動向を、分解装置能力・石油製品の需給動向と関連させ、その性状の変化を各要素毎に述べている。またFCC触媒残渣の測定方法や新内燃料処理システムの一例等も述べている。
123	Diesel Engine Lubrication with poor quality residual fuel	G. W. van der Horst (シェブロン中央研究所) 日石マリンシンポジウム '81・10	Bolnesクロスヘッド型とCatapillar トランクピストン型ディーゼルエンジンの実機テストにより、Sulfur, CCRおよびアスファルテンが摩耗とデボリッシュト生成に与える影響を分析し、これに対しての改良潤滑油を用いた結果を述べている。
124	舶用重油の安定性について	野村宏次(日本石油) 日石シンポジウム '81・10	アスファルティックなラッジをベースとした安定性に関する基本的な解説とその評価方法について、実験的な実用性能テスト結果の一部も含めて紹介している。
125	CLOSE LOOK "Treating poor heavy fuels" in diesel engines. —	M. S. Bradley Marine Propulsion '80・7／8	低質重油の適切な船内処理に対する問題点と对策の検討について6項(Operational approach, Self-clean, Separator, Alfa-Laval's recommend, Sulzer's advice, Homogenizer および Additives)に分けて述べている。
126	YESTERDAYS "AURICULA" —Pioneer test ship for heavy fuel burning in diesel engines. —	Marine Propulsion '80・7／8	ディーゼル船における低質重油燃焼の最初の実船テスト船"AURICULA"について、実船テストのための改造内容・改造費用・テスト結果等を述べている。
127	粗悪燃料油対策	アメロイド日本サービス社 (ペントレット) '81・11 (入手)	アルミナ・シリカ混入による問題点をはじめ、粗悪燃料油による問題点の解明とその対策を、自社フィルタ使用実験結果も含めて、自社独自で検討した結果を述べている。

No	名 称	発 行 者	行 時 期	内 容 の 概 要
128	Even high speed diesel makers now think heavy oil	Rachelle Delaney MARINE ENGINEERING / LOG	'81・6	GM (EMD), CATAPILLAR, MAK, GE etc, 米国の中高速機関メーカーも、低質油(含混合油)燃機関を目下真剣に開発中であることを紹介している。
129	船用ディーゼル機関の高粘度分解系重油の処理と燃焼に関する実験的研究	日本船用機関学会誌'15-11 '80・11		6,000 秒重油 (MFO - 605V, 605F) の三菱重工機 SJ 700 遠心清浄機による処理実験、中速ディーゼル機間ににおける燃焼実験および特別装置による燃焼実験報告。
130	将来予測される船用燃料油について	日本船用機関学会誌'14-9 '79・9		石油の需給と製油パターンの変化および将来における船用燃料油の品質性状について述べている。
131	高粘度分解系重油の船用低速ディーゼル機間ににおける燃焼と摩耗に関する研究	日本船用機関学会誌'16-4 '81・4		FCCベース・オイル及びビスプレーカ・ベース・オイルを使用した場合の低速ディーゼル機間ににおける燃焼特性、シリンドラ・ライフとピストン・リングの摩耗率、遠心清浄機による分離スラッジと燃焼室内堆積物の成分およびシステム油の性状変化についての実験報告。
132	FCC装置から発生したキャタリストファインズのプロファイルと対応策	フジ・テクノシステム 技術資料 : 船用燃料油重質化対策 ・省エネルギー運航・省エネルギー船 '81・9		FCC装置の概要、FCC油およびFCC油をブレンドした重油の性状とディーゼル機関への影響およびFCC油をブレンドした重油への対応策について述べている。
133	粗悪燃料油滴の燃焼に関する研究	高崎潔・立石又二 高石武夫(三菱重工) 三菱重工技報 Vol. 17, No. 6, '80・11		軽油、C重油、ビスプレーキング油、FCC油の単一油滴の蒸発及び燃焼過程の比較試験結果。
134	重質油処理対策の技術	金沢春男(日本石油精製) 高圧ガス Vol. 16, No. 12, '79・12		重質原油の処理対策として、重質原油の各種分解法や重質原油の直接燃焼技術につき述べてある。
135	昭和54年における重要な燃料関係事項 (II)	燃料協会誌 第59卷, 第640号, '80-8		昭和54年の燃料に関する動向のまとめ。 船舶用関連として船用ボイラの動向、船用内燃機関の動向につき述べてある。
136	4サイクルディーゼル機間ににおけるピストン、リングおよびシリンドライナの潤滑障害に関する実験研究	中野英明、小津忠弘、中山信義(川崎重工) 川崎重工技報 76号, '80・10		4サイクル実験機関(シリンドラ径 240 mm, ストローク 300 mm)を使用し、潤滑油の種類、ピストン形式、ピストンリング配列による焼き付き性能への影響を研究した実験報告。
137	ディーゼル機関シリンドライナの異常腐食の経験	齊藤弥平(金属学会) 日本金属学会会報 第17卷第8号, '78・8		1934年から1940年代にかけ、中高速機関に発生した、シリンドライナ異常腐食の発生から対策までの経過の概要。

138	699GT型内航貨物船にC重油専焼のNKK-P A6型機関を採用して	松坂武彦（栗林商船） 船舶 '81・2	2.50cSt重油だき仕様の6PA6L型機関を搭載した小型内航船“神瑞丸”機関部の紹介。
139	Treatment of Marine Fuels	R. F. McMahon (ANL) Bulletin Technique Du Bureau Veritas '81・4	粗悪燃料油の性状テスト方法、その性状が機関におよぼす影響および船上での対策法について述べられている。
140	舶用燃料油低重質化の動向	野崎照雄（日石） 燃料協会誌 第60巻第646号 '81・2	将来の原油需給予測から重油精製方法の変化及びこれによる将来の船用燃料油の性状について述べ、これら性状がディーゼル機関におよぼす影響についても述べている。
141	Shipboard Fuel Oil Treatment	M. R. Vincent', J.W. Harrison (MI MarE) Marine Engg. Review '81・8	粗悪油の処理方法としてフィルタ、ホモジナイザ、遠心分離、セッティングタンクをとりあげ、その効果について述べてある。
142	Combustion Characteristics and Reliability Aspects of B & W 2-Stroke and 4-Stroke Diesel Engines Operated on Heavy Fuels	J. Schmidt -Sorensen 他(B & W Diesel AS) CIMAC '81(D 86) 1981 - 6	B & W形機関での粗悪油使用実績、テスト結果及びB & W形機関の粗悪油対応策の概要など特に各種燃料による受熱モードと機関性能(50 VTS 110 単筒燃閥)等を発表。
143	同上 Discussion Report	同上	Cyl. Cover 埋込熱電が位置と受熱モード及びVisbreak油とLight cycle oil の混合割合を変えた場合の受熱モードを追加発表。
144	Combustion of Future Residual Fuels and New Fuel in 4-Stroke Medium Speed Engines	C. F. Daugas 他(SEMT) CIMAC '81(D 92) 1981 - 6	P C, PA形機関の粗悪油使用実績、テスト結果、粗悪油対応策等を紹介。粗悪油燃焼改善策として高压噴射の有効性、低負荷時の始気加熱、更に難着火性燃料に対して Pre-injectionを提案。
145	同上 Discussion Report	同上	噴射期間の中で油滴径の変化について追加発表。
146	The Impact of changing Fuel Characteristics on Marine Diesel Engine Operation	G. W. van der Horst (Chevron Central Labo.) CIMAC '81 (D 102) 1981 - 6	テスト機関を使用して燃料の性状の影響、すなわち、硫黄とソングライナ摩耗の関係、アスファルテンやCCRとピストンデポジットの関係等のテスト結果を発表。
147	同上 Discussion Report	同上	潤滑油とライナ、リングの摩耗の関係のdataを追加発表。
148	A Programme for Fuel Quality Testing	DET NORSKE VERTAS , 81 SEMINAR (OSAKA)	契約した船舶から燃料油サンプルを受け、短時間(24 h以内)に分析し、その結果と必要ならば注意事項を知らせるシステムを紹介。費用(会費)は5,000ドル(15サンプル)/年、現在4サンプル/1日位処理。

No	名 称	発 行 所	内 容 の 概 要
149	Effective Utilisation of Present and Future Fuels in Diesel Engines.	F. Böhm (MAN) 14th CIMAC D 65 '81・6	ディーゼル機関の将来像として燃費、推進効率改善等の省エネルギー対策及び代替燃料も含めた将来燃料への対応のしかたについて説明している。 またガス燃料を使用した実機運転テスト結果も含まれている。
150	Investigations on High-temperature Corrosion of Exhaust Valves and on Combustion of High-viscosity Residual Fuels in Medium-Speed Four-Stroke Diesel Engines	H. Friedler ( Krupp Mak ) K. Groth ( Univ. of Hannover ) A. Hesse ( Univ. of Hannover ) 14th CIMAC D 69 / '70 '81・6	(1) 排気量 6 dm <sup>3</sup> の 6 気筒エンジンを使用し、添加剤を燃焼前シリンドラ内、排気弁に注入し、排気弁の腐食におよぼす効果を調べた実験報告、添加剤の効果は認められる。 (2) 中高速ディーゼル Krupp - Mak M 601, M 453, M 282 を、ガスオイルから将来燃料まで種々の油で運転した実験報告。中高速ディーゼルでも粗悪油が使用できる。
151	同 上 Discussion Report	同 上	排気弁に添加剤を直接ふきつける方法がいつごろ実機に適用可能かとの質問に対し、現在開発中であると答えている。
152	Panel Discussion Future Fuel ( Crude )	14th CIMAC '81・6 at HELSINKI	石油資源の先細り、燃料コストの上昇、燃料油の低質化の觀点から次の関係各方面の人々の意見が収録されている。(①石油会社 (シェル) ②OPEC ③政府機関 (仏) ④エンジンメーカー (B & W) ⑤エンジンユーザー ) 主な話題：複雑な規格分類に Follow できないし、数種の複合規格の FO を供給することになると予測する (Shell)。 6,000 秒仕様の FO タンクシステム (Sigw)。高溫高圧タイプの油清浄機 (ALFA, 三義化工機)
153	Trends in Quality of Residual Fuels for Marine Diesel Engines	HCA BRANDT 他 (Shell) '81・6 14th CIMAC	残炭を20%含有する燃料を含め、8種のテスト用燃料油と 7 種のディーゼルエンジンの組合せでの試験結果を紹介し、また、Shell 石油としての各種性状 Limit を紹介している。
154	同 上 Discussion Report	同 上	FCC 触媒は、BSI (ISO) で規制した Al 30% により、200 ℃ 前後に制限されたが、他の要因からも Diesel 入口での遠心分離が必要である。
155	Investigation on Degraded Fuels in a Medium-Speed Diesel Engine	三井造船玉野研究所 '81・6 14th CIMAC	三井 42 エンジンでの試験結果及び SR - 185 に関連したテスト結果等、最近 5 年間の同社での実験・研究の紹介。
156	同 上 Discussion Report	同 上	三義化工機から清浄効率とピストンリング摩耗について、その他、又 Mobil 石油から最低セタン価、VIT の必要性などについて、又 B & W から熱損失、清浄方法などについて質問された。各々について詳細に回答し、さらに本論文を補足する追加論文も紹介している。

157	The Effect of a Changing Heavy Fuel Quality on Diesel Engine Operation	Th. C. Wiborg (N. V.) 他 '81・6 14th CIMAC	•ノルウェーに於ける2つのプロジェクト "Damage Criteria for diesel engines" と "Evaluation of Fuel Oil Quality" の報告。12種のテスト燃料による各種エンジンのベンチテスト結果と、ノルウェーの外航船のトラブル60例とFO性状の関連をベースにトラブルとFO性状の因果関係を調査している。
158	同 上 Discussion Report	同 上	•'81～'83にさらに一步進んだプロジェクトを展開することを紹介している。
159	Shipboard Investigation with Fuels Tomorrow	G. J. Hellingman 他 (Sulzer) '81・6 14th CIMAC	•Sulzer 9 RND 90搭載LASH船を改造し、2 cylinderのみ特別な実験用FOを使用できる様にして、2年半運航した実船実験報告を含む総合的粗悪油対策について述べている。 •実験に使用したFOには、比重1.006のものをはじめ、入手可能な最も粗悪なものを4種類選定し、Sulzer RND Typeの使用し得る上限の燃料性状値を高くすることを宣言している。
160	同 上 Discussion Report	同 上	•上記報告書を14th CIMACで説明したときの説明用の原稿 •質疑は一件だけで、前処理に使うエマルジョンプレーカーは有効であるとの見解を示している。
161	燃料油に起因すると推定される障害について(その2)	日本船主協会 船舶通報 資料E - 176 昭和56. 6. 18	日本船主協会の船舶を対象に昭和54年1月から昭和55年12月までの2年間に燃料油に起因すると推定される障害についてのアンケートを行い、その結果をまとめたもの。
162	燃料油(船用重油)について	NK資料	国内の原油精製と重油製造の現状及び将来の動向、重油低質化の問題と対策についてまとめた参考資料。
163	船用燃料油(重油)の低質化と問題点	NK資料	船用燃料油の一般的性状の傾向、障害発生機器とその現象、低質重油の問題点と対策について調査した資料。
164	FUEL HANDLING AND FUEL SYSTEMS FOR SHIPS	Shell の社内資料	低質油の性状と問題点、低質燃料油に対する船内燃料システム、各機器の問題点とその対策のあり方、点検運転要領などについて油メーカーからみたリコメンドーションをまとめたもの。

## 第2編 超粗悪燃料油使用のための実験研究

### 第1章 燃料油の清浄に関する実験室実験

#### 1. 緒言

昭和55年度のSR 185外航大型船における超粗悪燃料油の研究「超粗悪燃料油使用のための実験研究」の中に述べられているようにFCCタールの混入による燃料油中の微細な触媒粒子は、分離板式遠心清浄機によってかなり良く除去されるはずである。しかしながら、現実には燃料ポンププランジャー、シリンダーライナ又はピストンリングの異常摩耗が報告されている。これらのトラブルの発生原因を通液流量又は通液粘度の誤差に求めるとすると、正しい値の数倍から数十倍の流量又は粘度で通液したと考えない限り、その発生状況を説明できない。トラブルの発生原因はむしろ別の点にあると考えた方が合理的である。

この原因のひとつとして、分離板にスラッジが偏積し、均一な流れが確保されなくなつて清浄能力が低下する事が考えられる。この点に関しては、先に述べた「SR 185昭和55年度研究報告」の中で、数種の燃料スラッジについて、灰分割合、可燃物の溶剤分析及び流動性について検討している。試験に用いた燃料は、①常圧蒸留残渣を基材としたもの、②ビスブレーカーボトムとFCCライトサイクルガスオイルを基材としたもの及び③FCCタール、ビスブレーカーボム、FCCライトサイクルガスオイルを基材としたものを含んでいる。また、流動性試験は、JISK-2207に用いる針入度を若干改造したもの、及びJISK-2283のBS/IP逆流U字管粘度計( #5 )によるものの2種類の試験を含んでいる。これらの結果の概略は次の通りである。

- ① 超粗悪油のスラッジ量は、常圧蒸留残渣を基準とした燃料のスラッジに比べて多く、燃料の0.1wt%にも達するものがある。
- ② FCCタールを含む超粗悪油のスラッジは、常圧蒸留残渣を基材とした燃料油のスラッジに比べて灰分中の $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の割合が大きい。スラッジの約半分がこれらの灰分によって占められている。
- ③ 超粗悪油のスラッジの流動性は常圧蒸留残渣を基材とした燃料油のそれに比べてやや悪いが、潤滑油のスラッジに比べればはるかに良い流動性をもっている。

これらの点から見る限りでは超粗悪油において遠心清浄機分離板の汚れによる清浄能力の低下はあまりなさそうに思える。しかし、この研究ではスラッジの流動性を直接測定していない事、及びスラッジの堆積箇所による差を考慮せず全体を均して測定している事の2点に問題が残る。

今回の報告では、スラッジの流動性を直接測定し、さらに一部のスラッジに対して付着箇所の差を考慮に入れた試験を行って、より詳細な測定結果を得ている。

#### 2. 分離板式清浄機におけるスラッジの堆積と流動

##### 2.1 スラッジの堆積

図2.1.1に分離板式清浄機中での不溶解粒子の分離モデルを示す。スラッジの粒子は油の流速による抵抗力と粒子と油の密度差によって生ずる遠心力によって分離板下面へ近づく。分離板下面に到着した粒子は、やがて遠心力によって外周方向へ流れ去るものと考えられる。

付録に詳しく述べるが、油との比重差が大きく、寸法の大きな粒子程抵抗力に比べて遠心力が大きくなる。従ってこのような粒子は早いうちに分離板下面に近付くので、比較的外周に近い部分に堆積する。一方、比重差が小さく寸法が小さい粒子は内周付近へも堆積することになり、極端に小さい粒子はほとんど堆積せずに通過してしまう。

以上の点から、分離板の場所によって堆積する粒子の大きさ、あるいは油との密度差が異なるてくる。

## 2.2 スラッジの流動

いったん分離板下面に堆積したスラッジは、そこに留まらずに遠心力によって流動すると考えられる。2.1に述べたように、堆積する場所によってスラッジの組成は異なり、これが流動率に影響を与える可能性がある。

スラッジの流動はおおむね次の2つのパターンに分けられる。

- Ⓐ 粒子と油の密度差に起因する遠心力による流動。この現象は運転中常に起こっている。
- Ⓑ 全排出型ボウルにおいて、排出時に起こる急激な流動。この流動の原因是、排出初期の油の流れと、遠心力である。この時の遠心力は油による浮力がないため、Ⓐの場合に比べて大きくなる。  
Ⓑのパターンの起こる時間は短かく、この際に流入する置換水のためにスラッジの温度が下がり、流動性が落ちている。ノズル排出型、あるいはコントロールディスクチャージ型\*のボウルでは、Ⓑのパターンは起こり得ず、スラッジの流動はⒶのパターンのみとなる。

\*パーシャル排出型ともいわれている。

## 3. 供試燃料油及びスラッジ

表2.1.1に試料油の内容、来歴、スラッジの分離条件、及び流動率の試験方法を示す。

S1, S2, S3, S4は、特にFCC残渣油の入りやすいと推定される地域でディーゼル主機用燃料として船積されたものである。S5は国内製油所から入手したFCCスラリーである。

L-A2, L-VB2, L-F2は、試験用単筒4サイクルディーゼル機関で使用した潤滑油で、燃料としてA2, VB2, F2を用いて20時間の運転を行った後のサンプルである。なお、運転開始時の潤滑油は必ずしも新油ではないが、運転前に十分清浄を行っている。

S2, S3はスラッジの採取量が少なかったため、流動性試験は行なわなかった。S5は船用燃料としてそのまま用いられる事はないため、加圧濾過と化学分析以外の試験は省略した。

## 4. 試験方法

### 4.1 スラッジの流動性試験

流動性の測定は、分離板式清浄機に試料油を通液して行なうのが望ましい事はもちろんであるが、試料の量の制約があったため後述の2種類の方法によって試験を行った。

この試験によって以下の結果を得た。

- ① 流動時の温度と流動率
- ② スラッジの組成と流動率
- ③ 空気中と油中の流動率の差
- ④ 堆積する場所による流動率の差

③は2.2に述べた流動のメカニズムⒶとⒷの差を知るために、④は2.1に述べた場所によるスラッジの組成の差が流動率にどう影響するかを知るために求めた。

以下に試験方法を説明する。

#### 4.1.1 オーバーオールのスラッジに対する流動性試験

試験方法と試験装置を図2.1.2、図2.1.3に示す。この試験に用いた試料は、昭和55年度SR185の報告中にある流動性試験（粘度、針入度測定）に用いたスラッジと同じものであり、既に攪拌均質化されてしまっているので堆積箇所による差を見る事はできない。

試料をバッチ式の遠心分離機を用いて一定の条件で分離管壁に付着させる。（付着操作）

この分離管を転倒して流動性を調べる。 (図 2.1.3 参照)

#### 4.1.2 堆積箇所によって分割したスラッジに対する流動性試験

試験方法と試験装置を図 2.1.4, 図 2.1.5 に示す。

試料スラッジを得るために、約 20 ℥ の燃料油を小型の円筒型遠心分離機（保有液量 150cc）に通液した（付着製作）。ボウル内周に予め 0.1 mm 厚さのステンレス板を敷き、これにスラッジを堆積させた後取り出し、堆積箇所によって分割した後に図 2.1.5(b) の方法で遠心力をかけてスラッジの流動性を測定した。（流動操作）2.2 で述べたⒶとⒷの差を知るために、流動操作は空気中と試料油中について行った。

この方法では、供試油が少いため、円筒型遠心分離機によって分離板式清浄機の模倣を試みている。両者の堆積箇所によるスラッジの質の変化については、付録に詳細に述べる。

使用した遠心清浄機及び遠心分離機の主要目を表 2.1.2 に、清浄条件を表 2.1.3 に示す。

### 4.2 試料油の加圧濾過

念のため、試料油の一部を遠心清浄、あるいは遠心分離の前後でサンプリングし、これを図 2.1.6 に示す操作によって濾過、観察した。

### 4.3 スラッジの化学分析

遠心清浄、又は遠心分離によって得られたスラッジは、図 2.1.7 に示す手順に従って分析した。

## 5. 試験結果

### 5.1 流動性試験の結果

表 2.1.4 ~ 6 に流動性試験の結果を示す。数値は流動率で表わし、その定義は次式による。

$$\text{流動率} = \left( 1 - \frac{\text{流動操作後スラッジ重量}}{\text{流動操作前スラッジ重量}} \right) \times 100 [\%]$$

### 5.2 加圧濾過の結果

清浄前後の燃料を加圧濾加したフィルターの顕微鏡写真を写真集 2.1.1 に示す。

### 5.3 試料油及びスラッジの量と性状

試料油の化学性状を表 2.1.7 ~ 9 に、遠心清浄あるいは遠心分離によって得られたスラッジの量と化学性状を表 2.1.10 に示す。

## 6. 考 察

### 6.1 温度に対する流動率の変化

図 2.1.8、図 2.1.9 に温度に対する流動率を示す。90 °C 以上では、大部分の燃料油スラッジの流動率が 80 % を越える。70 % 以下では、常圧蒸留残渣を基材とした A1, A3 以外の流動率は下がる。潤滑油スラッジの流動率は低く、温度が上がってもあまり改善されない。

S4 のスラッジの流動率は異常に低く、130 °Cまでの試験で流動率はほとんど変わらない。

## 6.2 スラッジの付着位置による差

図2.1.9で見ると、入口側の方が出口側よりも若干流動率は良い。しかし、その差はわずかであり、A3のように例外もあるので、入口と出口の差はほとんどないと見るべきであろう。

スラッジの流動性とは関係ないが、表2.1.10の入口側出口側のスラッジ量を較べてみると、圧倒的に入口側で除去されるスラッジの量が多かった。

## 6.3 灰分に対する流動率

図2.1.10、図2.1.11にスラッジ中の灰分量に対してプロットした70°Cにおける流動率を示す。灰分の割合が高い程流動率は下がる傾向にあるが、F2のような例外もある。

## 6.4 空気中と燃料中の差

図2.1.12に90°Cにおける空気中と燃料中での流動率を示す。S4を除いては余り差はないが、S4のみは燃料中の流動率が空気中のそれに比べて数倍となっている。

## 6.5 粗悪燃料油の流動率

VB1～3、F1～3のような将来型の燃料油スラッジの流動性は、A1～3のような常圧蒸留残渣を基材とした燃料油に比べて同等、もしくはやや悪い。実船に積まれたディーゼル主機用燃料油のスラッジの中にもS1のように、将来型燃料油並の流動性を示すものがあり、燃料の粗悪化傾向に伴ってスラッジの流動性もやや悪化しつつある。

一般に潤滑油スラッジは分離板をよく汚すといわれており、流動性も良くない。将来型の燃料油スラッジの流動性は、潤滑油スラッジに比べれば同等かやや良く、スラッジの処理が困難になる程流動性が悪くなる事は当面無いであろう。特に燃料油スラッジは一般に温度が上昇すると流動性が良くなるので、スラッジ排出中の分離板を加熱してやれば、分離板の汚れはかなり改善されると期待できる。

スラッジの付着位置による差は見られなかった。ただし、分離板外周程遠心力が大きく、より流れやすくなると考えられる。

S4の試料油スラッジは極端に悪い流動性を示し、温度の上昇によっても流動率は改善されなかった。このことは、今回試験した将来型燃料油よりも悪い流動性を持った燃料油が存在する事を示している。S4はFCC触媒を含んでおらず、加圧濾過、化学分析の結果には異常な点は無い。唯一の特徴はスラッジ中の灰分が多い事であるが、灰分に対する流動率の変化は余りはっきりしたものではなく、例外もある点から見て、これだけを原因としてきめつける事は難しいと思われる。

S4を使用した船の報告によれば、ノズル排出型の清浄機において油の比重から選定した軽液側のリングダムがスラッジの大量の排出のために使用できず、これより大きい径のリングダムを使用して運転したことであった。

船が最初に選定したリングダムは、燃料比重0.974から0.982(15/4°C)に使用できるリングダムであり、つけかえたリングダムは比重0.986から0.990に使用できるリングダムであった。(通液温度は95°Cとして計算した)  
燃料比重の分析結果から見て、初めのリングダムの選定は正しい。

スラッジの流動性が悪く、分離板にスラッジがたまって流路を塞いだとすれば、分離板の流路抵抗が増えて水と油の界面を外側へ押しやり、その結果正しい調節板をつけたにもかかわらず燃料が循環水と共にノズルから排出される可能性がある。このような場合、清浄機内部では正常な分離は行われない。

以上の推定が正しいとすると、S4のような流動性の悪い燃料による清浄機の能力低下はすでに起っているということになる。

## 7. まとめ

燃料油別に流動性を概観すると図2.1.13のようになる。実船に供給されている燃料油の多くは、スラッジの流動性で見ると潤滑油スラッジ程悪くはないと考えられる。しかし、まれに非常に流動性の悪いスラッジを出す燃料油もあり、清浄機での正常な分離を妨げる可能性がある。このような燃料油を化学性状、あるいは加圧濾過等の手段で分別する事はできなかった。

一般に、灰分の多いスラッジの流動性は悪い。この点から見て清浄機ボウル内で、封水中に分離されたスラッジは長い間に油分が抜けて灰分比率が増加し、流動性を失うと思われる。したがってスラッジの排出はこまめに行う事が望ましい。

S1～4, VB3, F3, A3のスラッジ採取のための清浄はほぼ実船並の清浄条件である。加圧濾過の結果から見てスラッジ粒子の分離は申し分なく行なわれているといえる。

## 付録 スラッジ粒子の堆積理論（堆積箇所による差）

### 付. 1 重力中沈降速度

球形の粒子の粘性流体中の沈降速度は、レイノルズ数が小さい場合、ストークスの抵抗力が重力に等しいとおいて求められる。

$$U_g = \frac{(\rho_p - \rho_{\bar{o}})}{18\eta} g \quad (1)$$

ここで  $U_g$  : 重力中沈降速度,  $\rho_p$  : 粒子密度,  $\rho_{\bar{o}}$  : 流体密度,  $\eta$  : 流体の絶対粘度,  $g$  : 重力加速度である。

### 付. 2 分離板式清浄機における粒子の堆積

図2.1.14のような分離板のモデルを考える。流入口に重力沈降速度が  $U_{g1}$  ( $U_{g1}$  は定数) の粒子を並べて分離する。これらの粒子は遠心力によって分離板下面へ近付きながら、流体との抵抗力によって流出口へ運ばれる。分離板下面に近い粒子は早期に分離板下面に到達するが、最も遠い粒子は半径  $r_1$  の点に到るまで分離板に到達しない。粒子が分離板に到達するのは半径  $r_1$  より外側であり、これより内側では粒子は存在しない。

分離板に到達した粒子は分離除去されるものとする。重力中沈降速度  $U_{g1}$  の粒子に対する半径  $r$  までの範囲(図2.1.14斜線部分)の分離率  $A$  ( $U_{g1}$ ,  $r$ ) は、

$$\begin{aligned} r_i < r \leq r_1 &\text{ で } A(U_{g1}, r) = 1 \\ r_1 \leq r \leq r_{\bar{o}} &\text{ で } A(U_{g1}, r) = \frac{U_{g1}}{Q} \sum(r) \end{aligned}$$

$Q$  は清浄機の体積通液量である。 $\sum(r)$  は、

$$\sum(r) = \frac{2\pi n \omega^2 (r_{\bar{o}}^3 - r^3)}{3g \tan \theta} \quad (2)$$

$n$  : 分離板枚数+1,  $\omega$  : ボウル回転角速度,  $r_{\bar{o}}$  : 分離板外半径,  $\theta$  : 分離板頂角の $1/2$ である。

任意の重力中沈降速度  $U_g$  をもつ粒子と任意の半径  $r$  (ただし  $r_i \leq r \leq r_{\bar{o}}$ ) に対して上式を適用できて

$$A(U_g, r) = \frac{U_g}{Q} \sum(r) \quad (3)$$

ただし、 $1 < \frac{U_g}{Q} \sum(r)$  の場合は  $A(U_g, r) = 1$

となる。清浄機全体の分離率は  $r = r_i$  とおいて上式から求められる。ここでは  $r_i$  は分離板内半径である。図2.1.15に  $A(U_g, r)$  のグラフを示す。

$$1 = \frac{U_g}{Q} \sum (r_i) \quad (4)$$

となる点は図中の破線上の点となる。臨界重力中沈降速度  $U_{gc}$  を次式で定義する。

$$1 = \frac{U_{gc}}{Q} \sum (r_i) \quad (5)$$

$U_{gc}$  は清浄機全体で全量分離可能な粒子の最小の重力中沈降速度を表わす。また  $\sum (r_i)$  は一般に分離沈降面積と呼ばれる数である。

### 付. 3 円筒型遠心分離機における粒子の堆積

円筒型のボウル中での粒子の挙動は図 2.1.16 に示すようになる。流入口から軸方向距離  $\ell$  の範囲（図 2.1.16 斜線の部分）における粒子の分離率を  $\lambda(U_g, \ell)$  とする。

$\lambda(U_g, \ell)$  は  $\alpha$  をパラメータとして、

$$\lambda(U_g, \ell) = \frac{f(\alpha)}{f(\alpha_i)}$$

$$\frac{h(\alpha)}{h(\alpha_i)} = \frac{U_g}{Q} \sigma(\ell)$$

ただし、 $1 < \frac{U_g}{Q} \sigma(\ell)$  の場合は  $\lambda(U_g, \ell) = 1$

ここで、 $\sigma(\ell)$ ,  $h(\alpha)$ ,  $f(\alpha)$ ,  $\alpha_i$  は

$$\sigma(\ell) = \frac{2\pi R_0^2 \ell \omega^2 f(\alpha_i)}{gh(\alpha_i)}$$

$$h(\alpha) = 1 - \alpha^2 - 4\alpha_i(1 - \alpha) + 2(1 - 2\alpha_i)\ln\alpha$$

$$f(\alpha) = \frac{1}{6} \{ 3(1 - \alpha^4) - 8\alpha_i(1 - \alpha^3) - 6(1 - 2\alpha_i)(1 - \alpha^2) \}$$

$$\alpha_i = \frac{R_i}{R_0}$$

ここで  $R_i$  : 液面半径,  $R_0$  : ボウル内半径,  $\omega$  : ボウルの角回転速度,  $Q$  : 流量である。

$\lambda(U_g, \ell)$  は図 2.1.17 のようになる。

$$1 = \frac{U_g}{Q} \sigma(\ell_o)$$

となる点を破線で図中に示す。ボウル全長に対する分離率 1 の最小の重力中沈降速度を  $U_{gc}$  とすると、

$$1 = \frac{U_{gc}}{Q} \sigma(\ell_o)$$

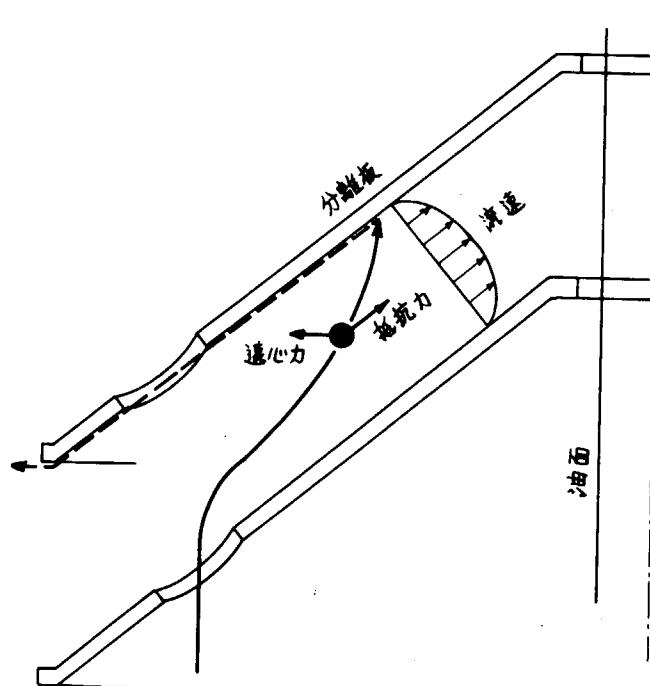
### 付. 4 分離板と円筒型ボウルの対応

模倣される分離板式清浄機の臨界重力中沈降速度を  $U_{gc}$  とし、スラッジ採取の際の分割点を  $r = r_d$  の点とする。模倣する円筒型ボウルの臨界重力中沈降速度が  $U_{gc}$  となるように運転条件を調整する。

図 2.1.18 のように、分割点で  $A_1 = 1$ ,  $\Sigma(r_d) \cdot U_g / Q = 1$

となるような重力中沈降速度  $U_{g1}$  を求める。 $Q_1$  はこの際の流量である。次に円筒型ボウルで  $\lambda_1 = 1$ ,  $\sigma(\ell_d) \cdot U_g / Q' = 1$ ,  $U_g = U_{g1}$  となるような点  $\ell_d$  を求める。我々が行った分割点の対応は以上的方法による。

しかし、例えば  $U_{g2} < U_{g1}$  なる別の重力中沈降速度に対する分離板及び円筒型ボウルの分割点における分離率  $A_2$  と  $\lambda_2$  は明らかに一致しない。これは分離板と円筒型ボウルの分離率の形が異なるためやむを得ず、我々の試験ではこの点は目をつぶることにした。

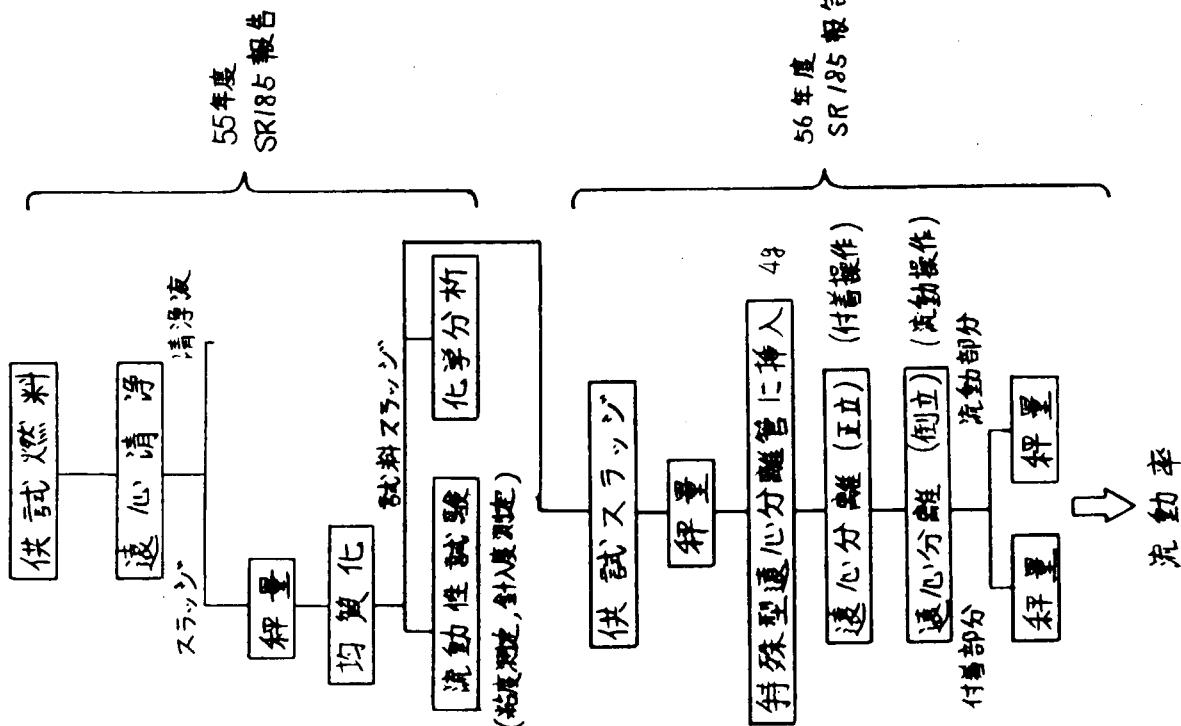


粒子は実線のように分離され、点線のように分離下面に沿って外周へ流れ去る。

図 2.1.1 分離板式清浄機におけるスラッジの挙動

表 2.1.1 供試スラッジ及び流動性試験法

供 試 油 (表2.1.7~9) 参 照	試 料 油 の 基 材	来 歴	スラッジ採取に 用いた遠心機 (表 2.1.2 参照)	清浄条件 (表 2.1.3 ) (参 照)	スラッジの流動性試験法 (図 2.1.3 ~ 5 参照)
A1	常圧蒸留残渣	一般に流通し ているC重油	AE -15V	P 1	オーバーオール
A3			T 1	P 5	分 割
VB 1	ビスブレーカーボトム FCCライトサイクルガスオイル	試験的に製造 された燃料油	AE -15V	P 1	オーバーオール
VB 2			"	P 1	"
VB 3			T 1	P 5	分 割
F 1	FCCタール ビスブレーカーボトム FCCライトサイクルガスオイル	試験的に製造 された燃料油	AE -15V	P 1	オーバーオール
F 2			SJ 3000	P 2	"
F 3			T 1	P 5	分 割
S 1	実船に船積さ れたディーゼル 主機用燃料油		T 1	P 5	"
S 2			"	P 5	実施せず
S 3			"	P 5	"
S 4			"	P 5	分 割
S 5	FCCボトム		—	—	実施せず
L-A 2	中速4サイクルト ランク型ディーゼ ル機関使用油		AE -14V	P 0	オーバーオール
L-VB 2			"	P 0	"
L-F 2			"	P 0	"



-81-

図2.1.2 オーバーオールのスラッジに対する流動性試験方法

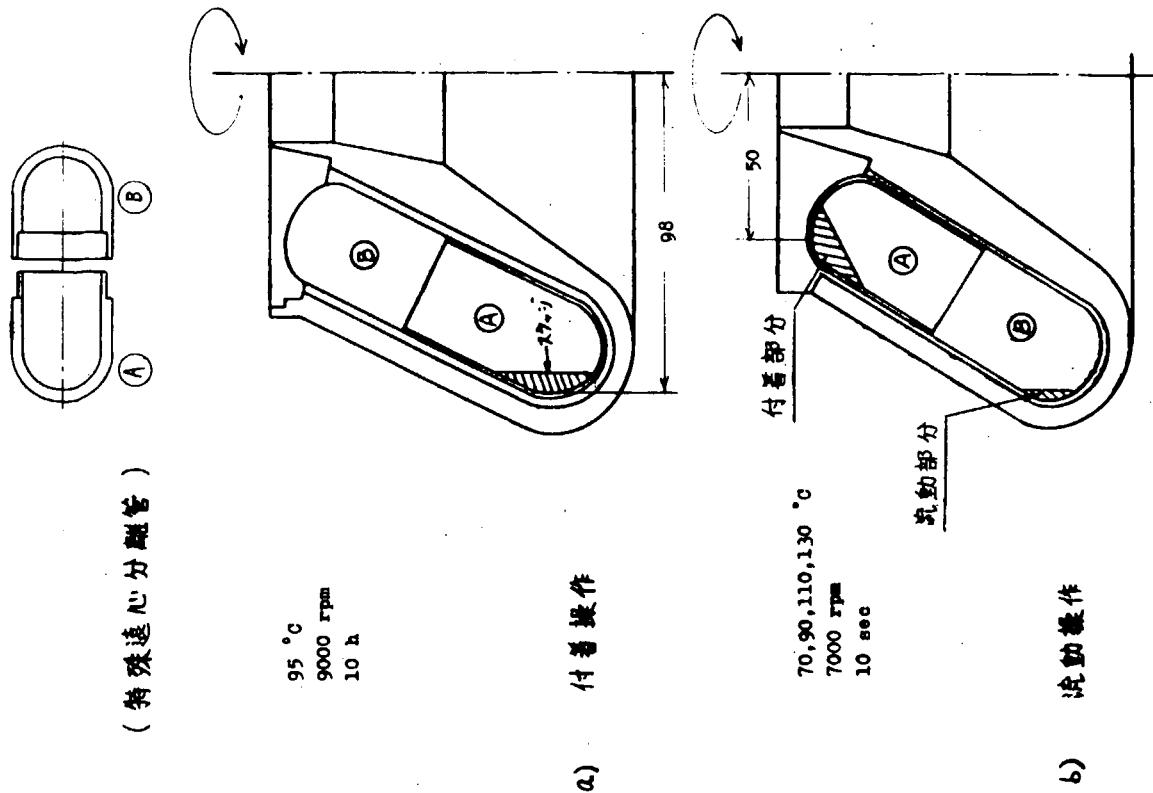


図2.1.3 オーバーオールのスラッジに対する流動性試験装置

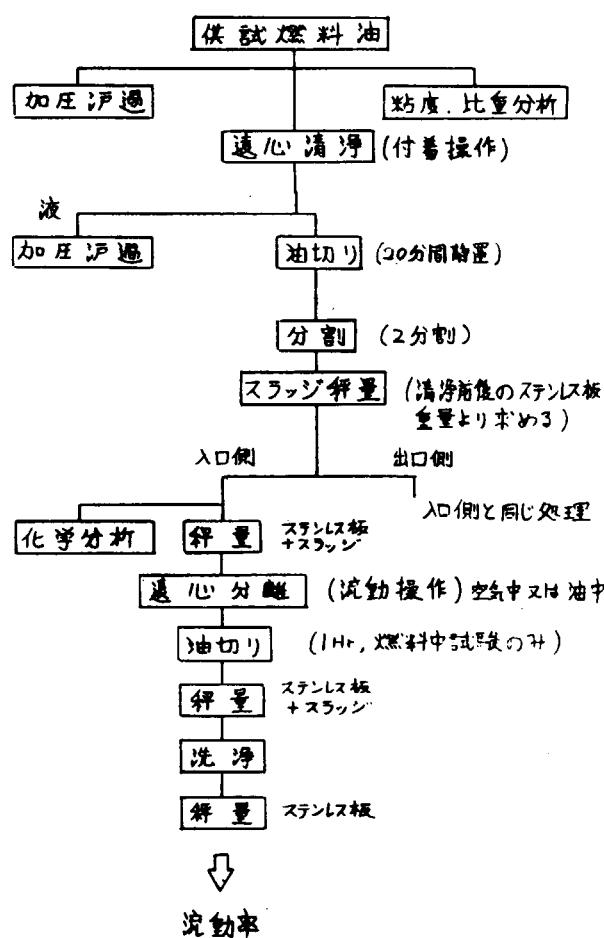


図 2.1.4 付着箇所によって分割したスラッジに対する流動性試験の試験方法

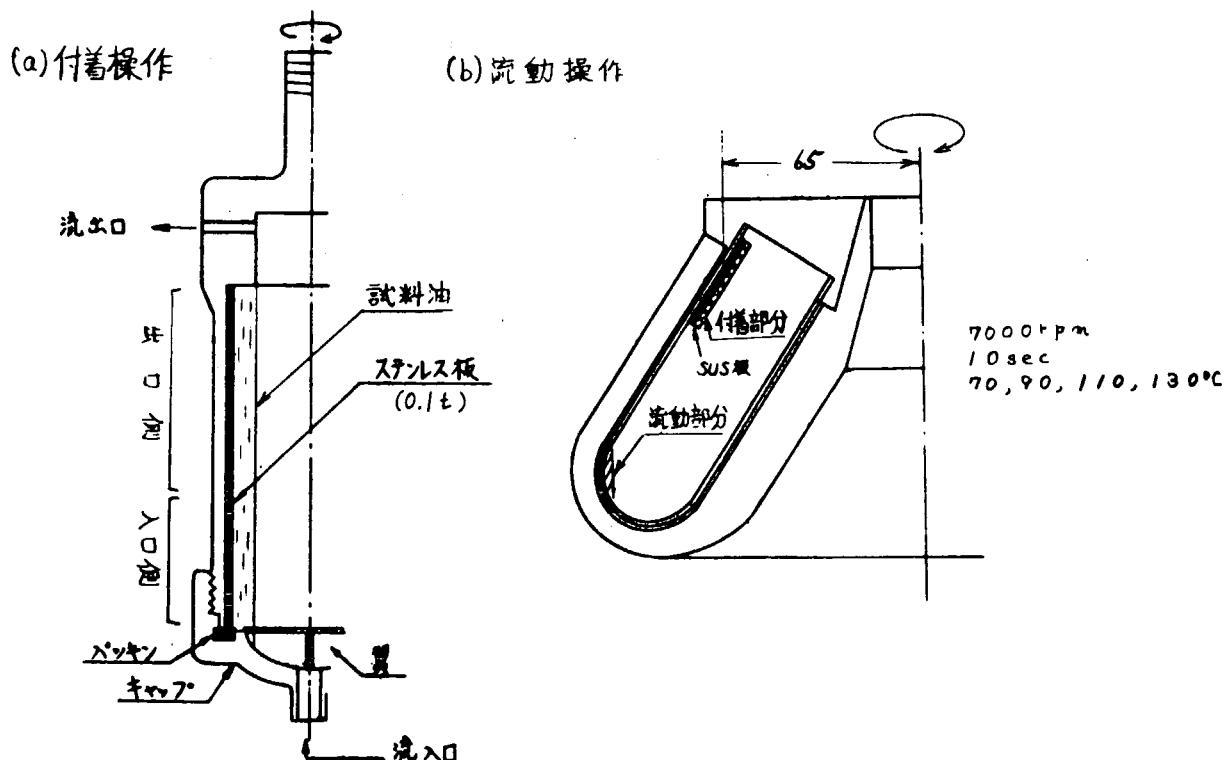


図 2.1.5 付着箇所によって分割したスラッジに対する流動性試験の試験装置

表 2.1.2 Particulars of Purifier and Centrifuge

Type of Purifier	試料油
Revolution of Bowl	rpm SJ 3000
Disk	7200
Effect. Out. Radius	mm 91.0
Internal Radius	mm 44.0
Vertical Angle	deg 80
Number of Disk	91
$\Sigma(r_i)$	m <sup>2</sup> 8900

Disk Type Purifier

Type of Purifier or Centrifuge	Sharpless AB-14V	Sharpless AB-15V	Sharpless-Pennwalt TI
Revolution of Bowl	rpm 15000	15000	Variable Max. 50000
Bowl			
Liq. Surface Radius	mm 52.4	mm 52.4	mm 22.3
Internal Radius	mm 19.0	mm 19.0	mm 15.9
Length	mm 516	mm 567	mm 201
Ratio of Radius : $r_1$	0.363	0.363	0.715
$\frac{r_1}{h}$ ( $\alpha_1$ )			
$\frac{r_1}{h}$ ( $\alpha_2$ )			
$\sigma_{(L_0)}$	m 759	m 834	

Cylinder Type Purifier and Centrifuge

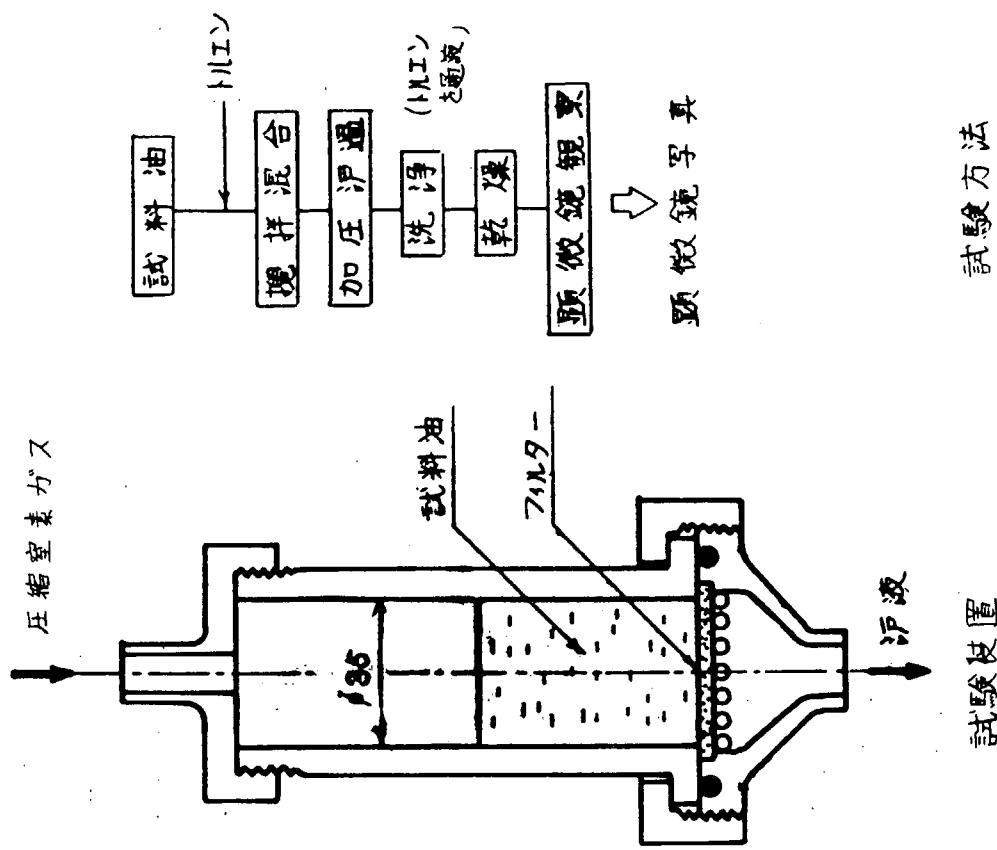


表 2.1.3 Condition of Purification and Centrifuging

Conditi-	Purifier or	$\Sigma \sigma$	Dc		
				Condition	Centrifuge
P0	AB-14V	759	1.7		
P1	AB-15V	834	1.4		
P2	SJ 3000	8900	2.2		
P3	TI	Var.	1.1		

図 2.1.6 加圧濾過試験

試験方法  
試験装置

Dc : Critical Diameter of Particle  
as the Density of 2.3(g/cm<sup>3</sup>).

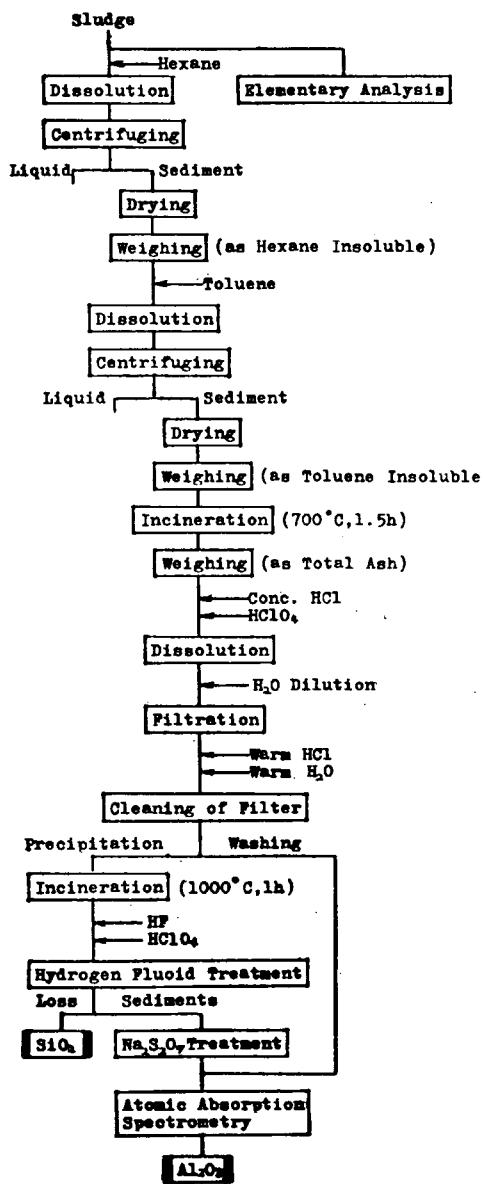


表 2.1.4 Fluid Rate of Sludge (Overall Test)

Sludge	Fuel Oil	Cond' of Purification	Place of Sludge	Temperature				
				50°C	70°C	90°C	110°C	130°C
Fuel Oil Sludge	Al	P1			99.5 95.3	100.0 96.1	100.0 96.1	99.5 96.4
	VB1	P1			72.4 73.7	99.2 99.5	100.0 99.7	99.7 100.0
	VB2	P1			42.8 51.2	94.8 56.4	96.6 57.0	97.7 88.0
	P1	P1			79.9 66.9	89.6 86.8	82.6 87.1	93.0 92.4
	P2	P2			99.5 98.7	99.5 98.7	99.7 98.7	99.7 99.0
Lubricating Oil Sludge	L-A2	P0			85.8 67.1	86.1 67.1	86.3 67.4	87.4 67.6
	L-VB2	P0			43.6 31.5	46.9 39.3	47.9 50.3	55.6 73.4
	L-P2	P0			27.1 92.5	32.1 93.4	47.1 93.9	67.9 95.9

表 2.1.5 Fluid Rate of Sludge (Separated Test in Air)

Sludge	Fuel Oil	Cond' of Purification	Place of Sludge	Temperature				
				50°C	70°C	90°C	110°C	130°C
Fuel Oil Sludge	A3	P5	sup	84.6 94.1	84.3 55.1	84.6 94.2		
			del	91.7 93.0	93.8 96.3	99.5 99.3		
	VB3	P5	sup	12.2 71.3	92.1 76.4	94.5 86.6		
			del	12.6 33.2	70.3 72.7	85.9 88.6		
	P3	P5	sup	85.3 27.7	96.3 75.0	98.1 82.3		
S1			del	26.0 12.3	78.6 60.5	89.2 78.9		
			sup	76.3 41.0	85.8 85.2	88.2 85.3		
			del	17.1 28.0	84.1 72.9	90.0 84.6		
S4			sup	39.7 43.6	5.9 3.5	6.2 6.9	9.6 4.9	
			del	0.0 6.4	9.1 5.9	4.3 10.2	1.6 18.1	

图 2.1.7 Analyzing Scheme of Sludge

表 2.1.6 Fluid Rate of Sludge (Separated Test in Fuel)

Sludge	Fuel Oil	Cond' of Purification	Place of Sludge	Temperature				
				50°C	70°C	90°C	110°C	130°C
Fuel Oil Sludge	A3	P5	sup			92.4 86.8		
			del			97.1 97.9		
	VB3	P5	sup			90.2 88.0		
			del			70.5 52.8		
	P3	P5	sup			97.0 83.6		
			del			74.7 36.9		
	S1	P5	sup			77.1 72.0		
			del			76.1 70.4		
	S4	P5	sup			38.3 38.3		
			del			34.9 73.6		

表 2.1.7 Characteristics of Fuel Oils

Sample No	A1	A3	VB1	VB2	VB3	P1	P2	P3
	Atmospheric Residue		Visbreaker-bottom + P.C.C. Light Cycle Gas Oil			P.C.C.Tar + Visbreaker-bottom + P.C.C.Light Cycle Gas Oil		
Specific Gravity 15/4°C	0.9602	0.9528	1.0049	0.9891	1.0026	1.0366	1.0226	1.0275
Viscosity 50°C cst	142.26	172.5	775.5	440.85	684.7	761.3	681.5	659.6
75°C cst								
98.9°C cst	18.89	22.88	52.7	38.02	47.66	46.68	44.35	(40.49)
100°C cst								
Flash Point °C(PM)	116		75	75	49	73	75	62
Pour Point °C	-7.5		-2.5	-7.5		-5	-2.5	
Conradson Carbon wt%	9.94		18.19	17.97	17.6	17.65	17.67	17.9
Ash wt%	0.01		0.06	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07
Water wt%					Trace			
Sediment wt%					Trace			0.08
Sulphur wt%	3.04		3.45	3.60	3.73	3.00	3.46	3.30
N:						0.48	0.20	
NaCl wt%								
V ppm	63		135	183	97 20 8.9 2.4	87	95	92 21 140 2.2
Na ppm								
Si ppm								
Al ppm								
Calorific Value Kcal/Kg	9680		9550	9520		9450	9460	
Hexane Insoluble wt%	6.35		11.89	15.41	10.83	11.50	10.71	9.86 0.02
Toluene Insoluble wt%								
Asphalten wt%	4.54	4.31	9.57		10.34	7.91	8.05	
Xylene Equivalent								
Aniline Point °C	73		71			67		
Diesel Index	25		13.9			67		
Cetane Index								
Condition of Purification	P1	P5	P1	P1	P5	P1	P2	P5

表 2.1.8 Characteristics of Fuel Oils

Sample No	S1	S2	S3	S4	S5
Bunkerized Port	Los Angeles	Los Angeles	Seattle	Port Elizabeth	
Bunkerized Date	'81.4.7	'81.4.23	'81.4.25	'81.5.9	'81.5.12
Sampled Date	'81.4.25	'81.5.14	'81.5.14	'81.6.10	'81.5.12
Sampling Point	Storage Tank	Storage Tank	Settling Tank	Storage Tank	
Specific Gravity 15/4°C	0.9630	0.9735	0.9805	0.9815	0.9893
Viscosity 50°C cst	282.8	268.0	256.1	290.6	19.55
70°C cst	68.92	66.86	66.70	78.42	8.112
98.9°C cst					
100°C cst	24.58	24.52	23.84	28.93	4.35
Flash Point °C(PM)	82	111	99	88	145
Pour Point °C	+10	+2.5	+2.5	-5	+15
Conradson Carbon wt%	7.22	8.85	9.59	13.60	3.92
Ash wt%	0.03	0.03	0.01	0.04	0.01
Water wt%	< 0.05	0.1	0.3	0.6	< 0.05
Sediment wt%	Trace	0.1	0.3	0.6	Trace
Sulphur wt%	1.52	1.63	1.74	1.75	0.71
N wt%	0.58	0.70	0.38	0.25	0.07
NaCl wt%	0.0082	0.0122	0.0014	0.0038	0.0002
V ppm	38	48	42	57	< 10
Na ppm	60	100	< 40	100	< 40
Si ppm	< 5	6	< 5	27	5
Al ppm	< 5	< 5	< 5	< 5	5
Calorific Value Kcal/Kg	10650	10650	10500	10470	10380
n-Pentane Insoluble wt%	2.47	4.19	3.41	5.64	0.49
Toluene Insoluble wt%	0.02	0.05	0.19	0.36	0.02
Asphaltenes wt%	2.45	4.14	3.22	5.28	0.47
Xylene Equivalent	16~20	16~20	16~20	21~25	> 100
Aniline Point °C	76	59	72	69	61
Diesel Index	23.3	19.3	20.6	19.6	16.2
Cetane Index	39	36	35	33	30
Condition of Purification	P5	P5	P5	P5	P5

表 2.1.9 Characteristics of Lubricating Oils

Sample No	*L-A2	L-VB2	L-F2	
	Heavy Duty Type			
Engine Output PS	735	735	735	
Running Time ** Hour	30	30	30	
Quantity of Oil Liter	600	600	500	
Specific Gravity 15/4°C	0.9137	0.9086	0.9118	
Flash Point °C(PM)	166	200	200	
Pour Point °C	-22.5	-25.0	-25.0	
Viscosity 40°C cst	153.9	159.5	172.3	
100°C cst	15.33	15.48	17.04	
Viscosity Index	101	98	105	
Conradson Carbon wt%	4.07	3.37	3.95	
Sulfate Ash wt%	2.93	3.14	3.14	
T.A.N.	1.24	1.26	1.42	
T.B.N.	JIS K 2502 JIS K 2500	13.3 22.2	15.6 24.3	14.4 23.6
Insoluble A	n-Heptane	0.14	0.07	0.17
	Toluene	0.11	0.06	0.16
Insoluble B	n-Hexane	0.53	0.21	0.59
	Toluene	0.24	0.18	0.44
Water wt%	0.1	0.05	0.1	
Condition of Purification	P0	P0	P0	

\* Diluted with Fuel Oil (about 4%).

\*\* After Previous Purification.

表 2.1.10 Quantity and Characteristics of Sludges

Fuel Oils	Place of Sludge	Cond' of Puri- fica- tion	Quantity of Sludge (wt%)*	Composition of Sludge (wt% of sludge)						Elementary Analysis of Sludge (wt%) <sup>a</sup>						
				Hexane Soluble	Hexane Insoluble				Toluene Insoluble				C	H	N	C/H
					Toluene Soluble	Combust- ibles	Total	Ashes	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
A1		P1	0.0380	62.2	11.6	20.7	5.5	-	-	-	79.40	8.82	0.83	9.00		
VB1		P1	0.0680	59.9	10.4	23.7	6.0	-	-	-	78.44	8.51	0.97	9.22		
VB2		P1	0.0190	54.3	14.8	18.5	12.4	0.	0.2	73.72	8.17	0.78	9.02			
P1		P1	0.0614	49.1	8.8	17.3	24.8	15.0	2.8	56.19	6.12	0.45	9.18			
P2		P2	0.1480	37.9	6.4	8.9	46.8	36.0	3.6	46.95	4.87	0.49	9.64			
L-A2		PO	-	39.2	4.6	24.7	31.5	0.02	0.14	-	-	-	-	-		
L-VB2		PO	-	41.5	3.1	26.7	28.7	0.01	0.13	-	-	-	-			
L-P2		PO	-	53.5	3.0	26.4	17.1	0.46	0.05	-	-	-	-			
A3	sup del	P5	0.0218 0.0108	57.2 64.9	9.1 7.2	23.4 26.9	10.3 1.0	-	-	75.7 84.5	11.1 12.1	0.22 0.13	6.85 6.98			
VB3	sup del	P5	0.0233 0.0036	75.7 -	5.1 -	12.2 -	7.0 8.9	-	-	78.6 79.1	8.68 8.86	0.41 0.37	9.06 8.93			
F3	sup del	P5	0.0450 0.0040	50.4 -	3.8 -	16.4 -	29.4 22.4	-	-	60.0 63.8	6.79 7.02	0.38 0.43	8.84 9.09			
S1	sup del	P5	0.0388 0.0058	64.9 -	1.6 -	20.0 -	13.5 12.9	-	-	50.7 68.1	7.15 8.80	0.56 0.57	7.09 7.74			
S4	sup del	P5	0.0233 0.0041	39.4 -	4.3 -	13.4 -	42.9 38.6	-	-	44.6 52.7	5.46 6.91	0.43 0.51	8.17 7.63			

\* Percentage of fuel oil

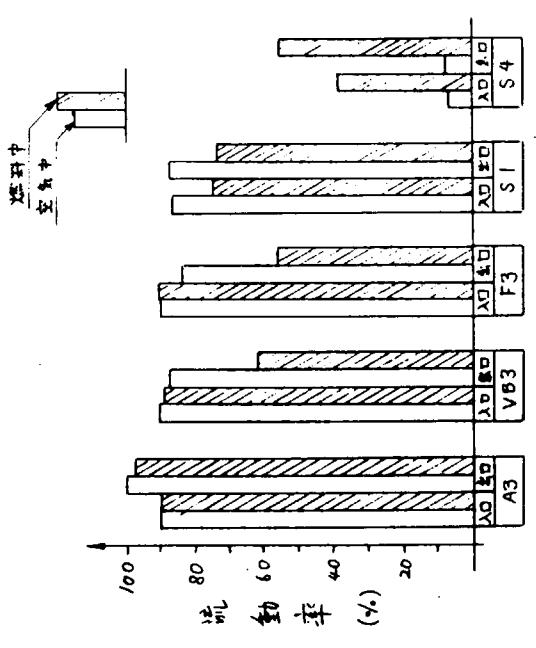


図 2.1.12 空気中と燃料中の流動率の対比

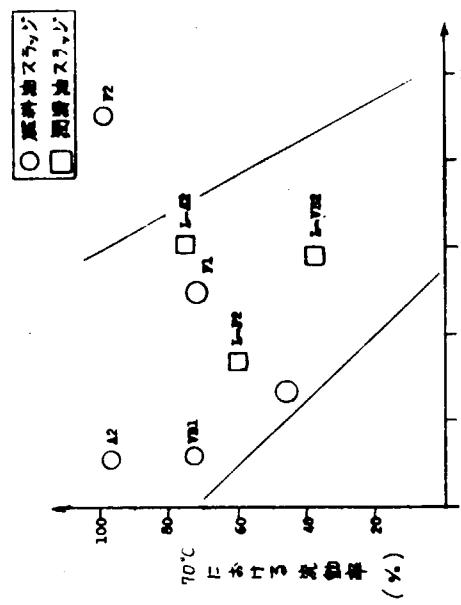


図 2.1.10 流動率と灰分の対比  
(オーバーオールの試験)

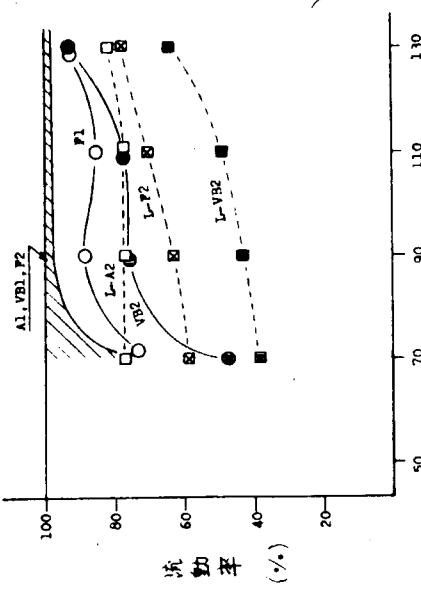


図 2.1.8 溫度に対する流動率  
(オーバーオールのスラッジに対する試験)

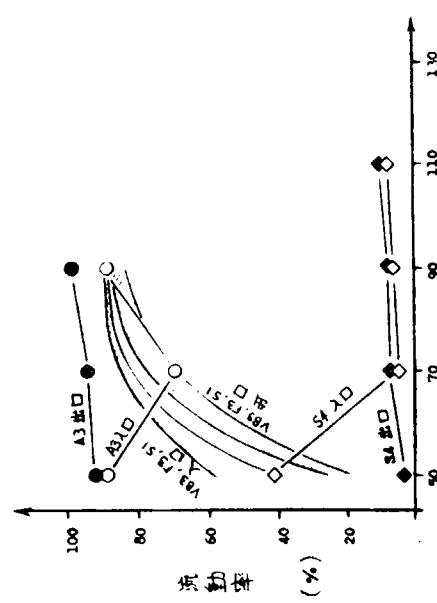


図 2.1.9 溫度に対する流動率  
(分割した試験 - 空気中)

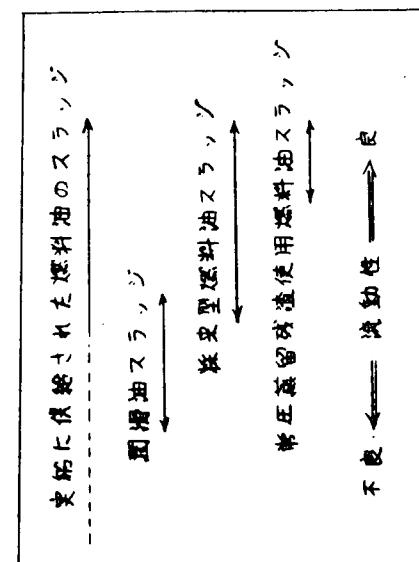


図 2.1.12 空気中と燃料中の流動率の対比

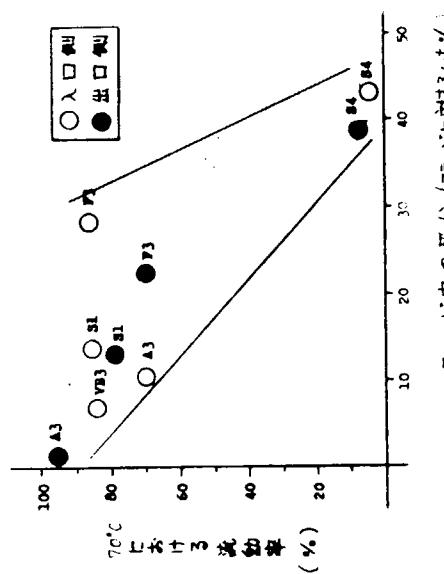


図 2.1.10 流動率と灰分の対比  
(分割した試験 - 空気中)

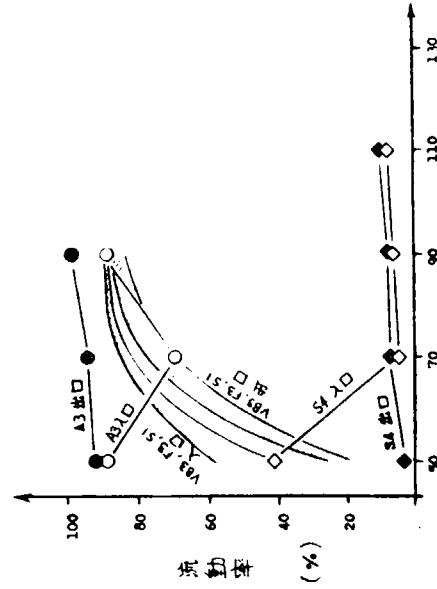


図 2.1.9 溫度に対する流動率  
(分割した試験 - 空気中)

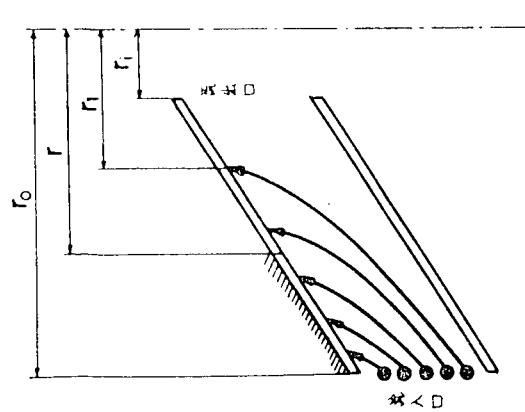


図 2.1.14 分離板の分離モデル

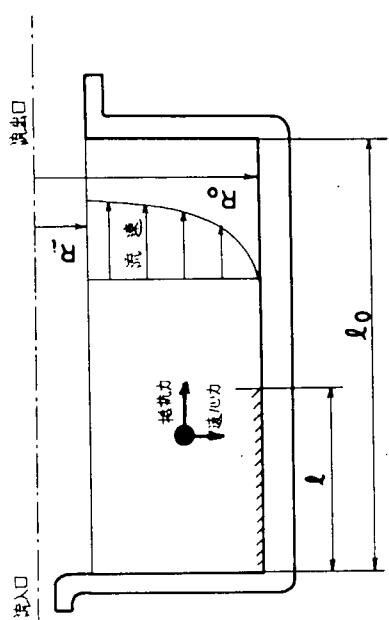


図 2.1.16 円筒型ボウルの分離モデル

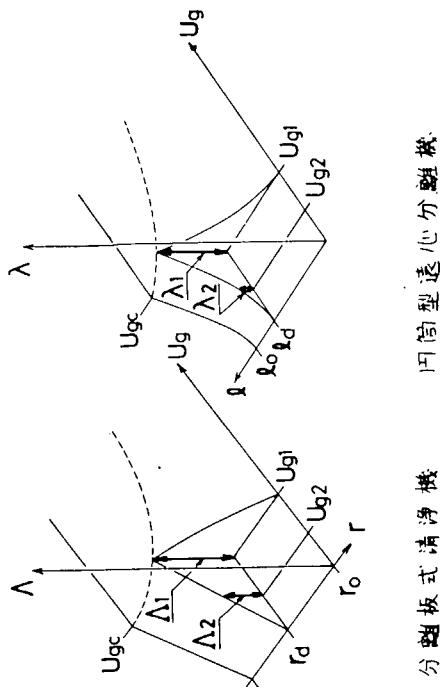


図 2.1.18 分割位置の対応  
分離板式清浄機 円筒型遠心分離機

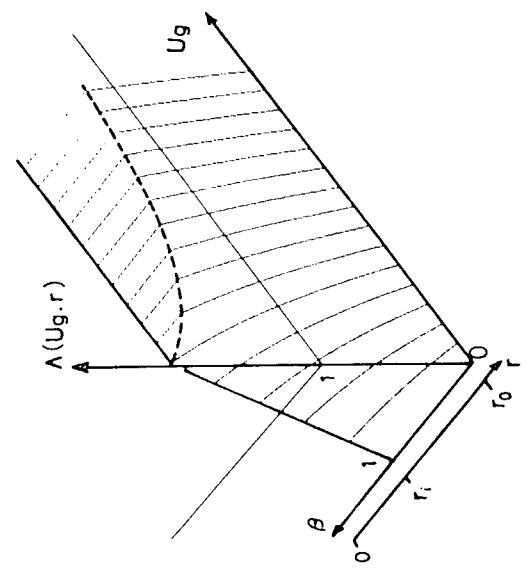


図 2.1.15 分離板式清浄機の分離率

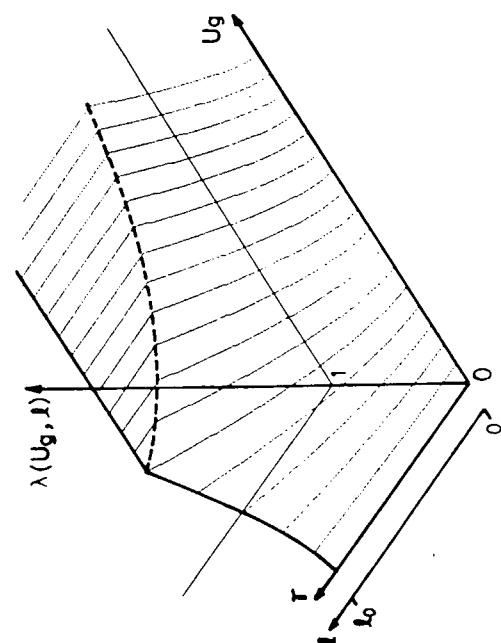
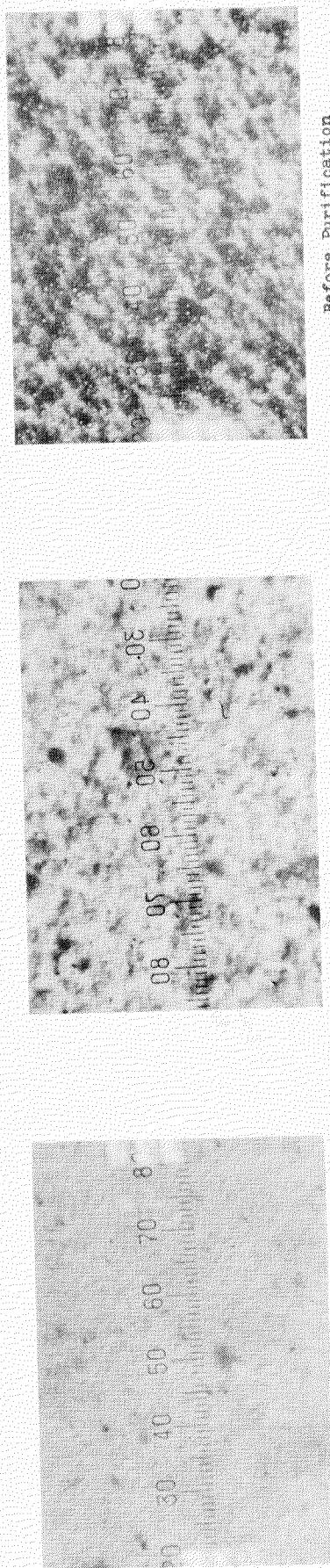
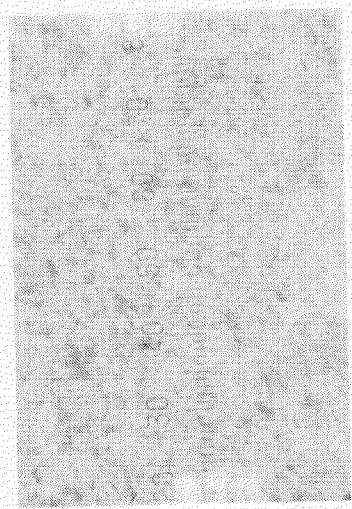


図 2.1.17 円筒型遠心分離機の分離率

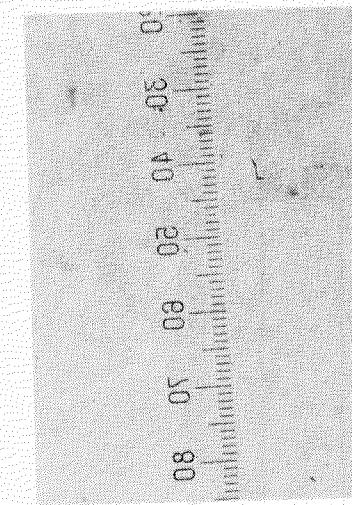
写真集 2.1.1 加圧濾過フィルタ—顕微鏡写真



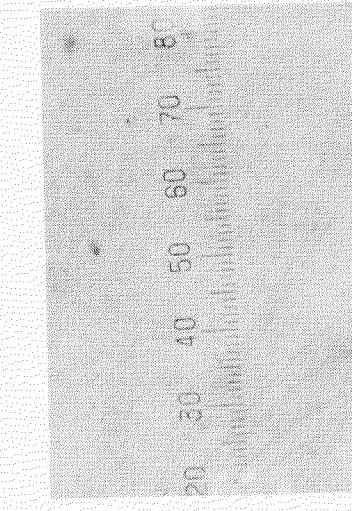
Before Purification  
Filtered Sample = 10g  
Filter Mesh = 3 μ  
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3 μ



After Purification  
Filtered Sample = 10g  
Filter Mesh = 3 μ  
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3 μ



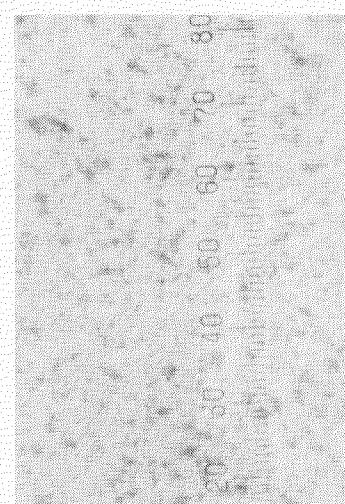
After Purification  
Filtered Sample = 30g  
Filter Mesh = 3 μ  
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3 μ



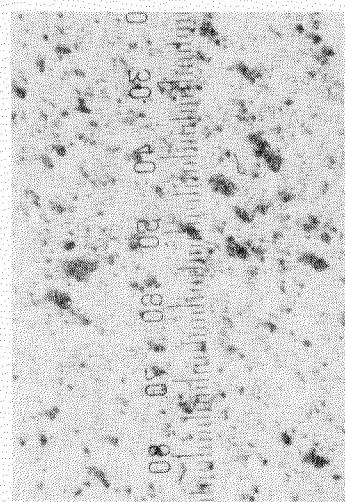
After Purification  
Filtered Sample = 10g  
Filter Mesh = 3 μ  
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3 μ

Sample : A3 Purification ; P1  
Sample : A3 Purification ; P5

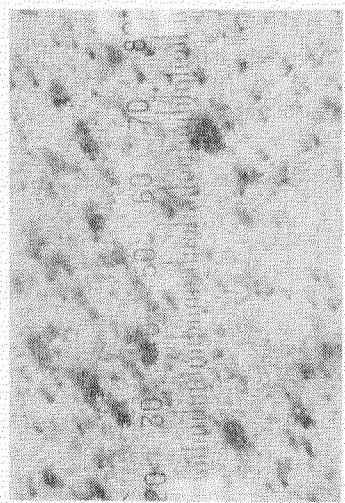
Sample : VBI Purification ; P1



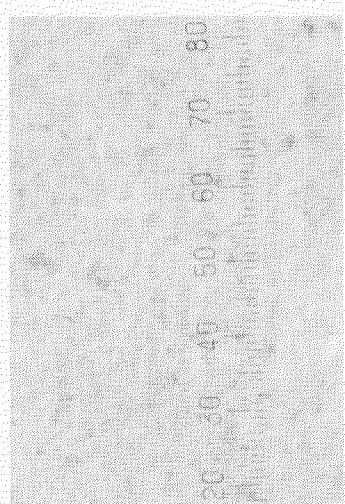
Before Purification  
Filtered Sample = 5g  
Filter Mesh = 3  $\mu$   
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3  $\mu$



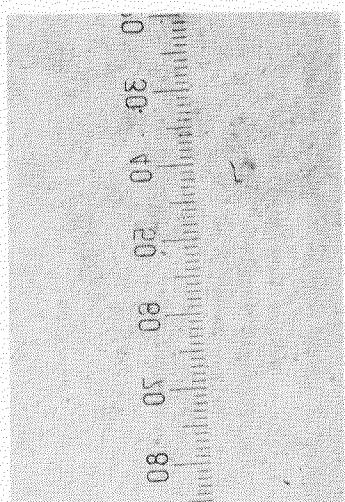
Before Purification  
Filtered Sample = 30g  
Filter Mesh = 3  $\mu$   
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3  $\mu$



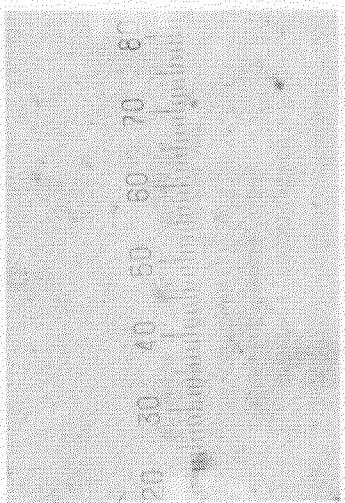
Before Purification  
Filtered Sample = 10g  
Filter Mesh = 3  $\mu$   
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3  $\mu$



After Purification  
Filtered Sample = 5g  
Filter Mesh = 3  $\mu$   
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3  $\mu$



After Purification  
Filtered Sample = 30g  
Filter Mesh = 3  $\mu$   
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3  $\mu$

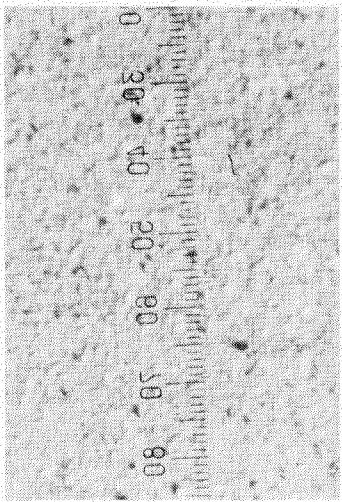


After Purification  
Filtered Sample = 10g  
Filter Mesh = 3  $\mu$   
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3  $\mu$

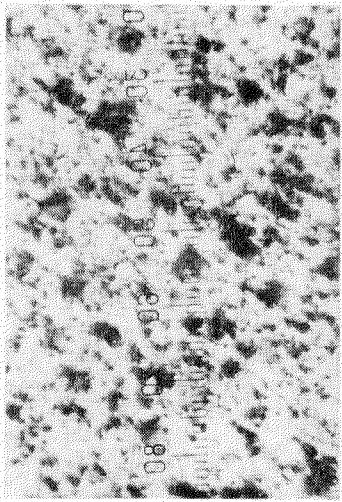
Sample ; VEB Purification ; FI

Sample ; VEB Purification ; P5

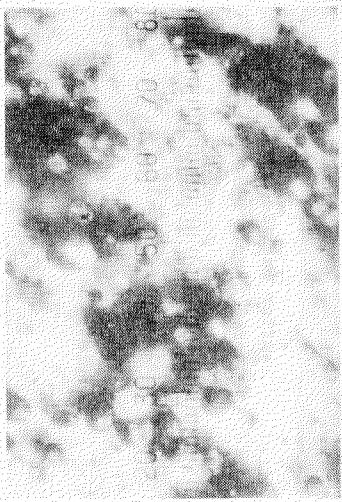
Sample ; V1 Purification ; P1



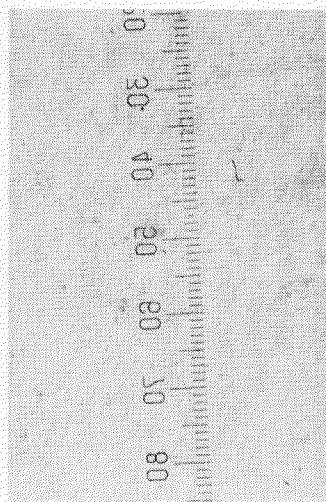
Before Purification  
Filtered Sample = 30g  
Filter Mesh = 3  $\mu$   
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3  $\mu$



Before Purification  
Filtered Sample = 30g  
Filter Mesh = 3  $\mu$   
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3  $\mu$



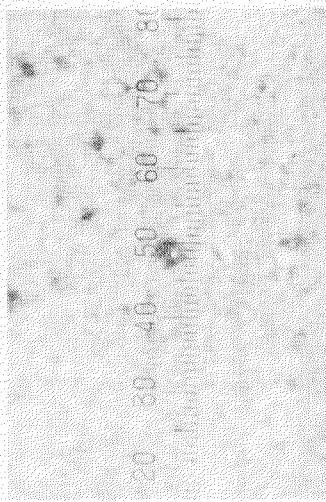
Before Purification  
Filtered Sample = 20g  
Filter Mesh = 5  $\mu$   
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 6.7  $\mu$



After Purification  
Filtered Sample = 30g  
Filter Mesh = 3  $\mu$   
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3  $\mu$



After Purification  
Filtered Sample = 30g  
Filter Mesh = 3  $\mu$   
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3  $\mu$

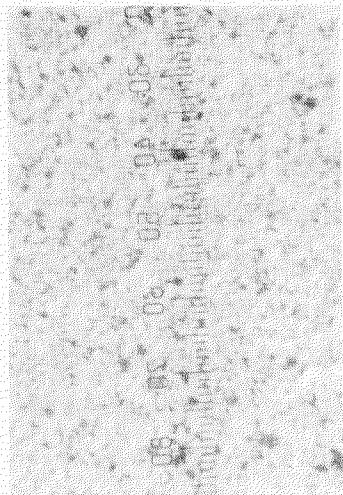


After Purification  
Filtered Sample = 30g  
Filter Mesh = 3  $\mu$   
Filter Area = 9.4 cm<sup>2</sup>  
Scale 1.div = 13.3  $\mu$

Sample : S1 Purification ; P5

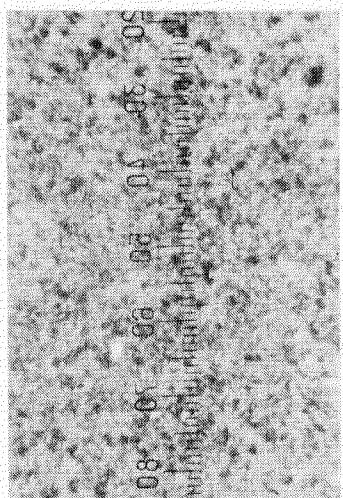
Sample : P3 Purification ; P5

Sample : P2 Purification ; P2



Before Purification

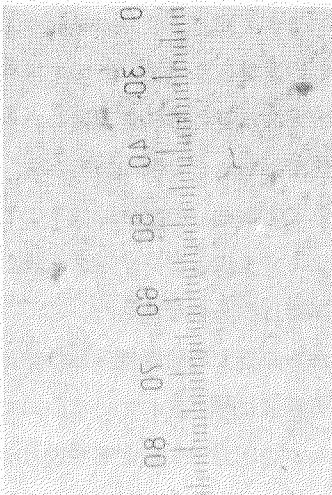
Filtered Sample = 30g  
 Filter Mesh = 3  $\mu$   
 Filter Area = 9.4 cm $^2$   
 Scale 1.div = 13.3  $\mu$



Before Purification

Filtered Sample = 30 g  
 Filter Mesh = 3  $\mu$   
 Filter Area = 9.4 cm $^2$   
 Scale 1.div = 13.3  $\mu$

Sample : S5



After Purification

Filtered Sample = 30g  
 Filter Mesh = 3  $\mu$   
 Filter Area = 9.4 cm $^2$   
 Scale 1.div = 13.3  $\mu$

Sample : S4 Purification ; P5

## 第2章 タンク内・配管内の流動特性に関する模型実験

### 1. 模型実験概要

#### 1.1 はじめに

近い将来、舶用燃料油として分解残渣油を主成分とした超低質油、いわゆる超粗悪燃料油の使用が予想される。

この超粗悪燃料油共通の特徴は粘度が大きいこと、熱的に不安定であること等があげられる。

このような燃料油を舶用燃料油として使用する場合、燃料油系に対する従来の設計法をそのまま適用出来るか、あるいは適用するための条件は何かを解明することを目的に本研究が昭和55年度より実施されている。

この目的遂行のために燃料油の加熱特性、流動特性について各要素毎の実験を行い、この結果を従来設計法と比較し、従来設計法適用の可否の判別と適用するための条件の究明を行うという手法で本研究は実施されている。

#### 1.2 実験概要

タンク内加熱及び流動特性実験で使用したモデルタンクは、伝熱量の正確な把握と壁面温度の制御を可能にするために加熱管を水蒸気加熱から電気加熱に変更したことを除いて、55年度実施のタンク内・配管内加熱方法に関する模型実験で製作したものをそのまま用いた。

供試油としては流動点の低い▼B▼を使用し、加熱特性の調査は熱電対及び赤外線カメラによる温度分布の計測を行い、これの解析により行った。

タンク内流動特性は油面上昇速度或いは下降速度を実船のそれに合せて供試油のモデルタンクへの張込み、抜き出しを行い、その時の供試油の流動状態を観察すると共に、ビデオカメラで撮影することにより調査した。

配管内流動特性は配管（直管）、ベンド、エルボ、ティー、舶用玉形弁、舶用仕切弁及びこし器で構成される実験装置を製作し、夫々の圧力損失を差圧発信器で測定し摩擦係数、或いは損失係数を求め従来式との比較を行うことにより調査した。

差圧発信器までの圧力導管にはターピン油を封入し、供試油の固化等による導管の閉塞が起らないように工夫した。

配管内流動性実験で使用された供試油は主として▼B▼である。これは実用的である流速範囲では供試油▼A▼及び▼C▼は圧力損失が小さく直管、弁、ベンドを除いては測定が不可能であった理由による。

配管内加熱実験は昨年度に終了しているが、熱移送物性値が不明のため解析が行われていなかった。そこで本年度は熱伝導率及び比熱の計測を行い、昨年度収集した実験結果の解析を供試油▼B▼及び▼C▼について行った。

供試油▼A▼は流動点が45°Cであるが、全成分が融解するのは約75°Cであることが示差走査熱量計による比熱の測定で判明し、昨年度実験が全てこの温度以下であったので再実験を実施した。

使用した供試熱交換器と測定方法は全て昨年度実施したものと同様である。

以上概要を説明した装置方法で行われた実験の解析から、配管内加熱実験についての供試油▼A▼及び▼B▼の結果は従来の相関式とよく一致することが判った。供試油▼C▼でのG RAE TZ 数の小さい領域で従来相関式と一致していないが、これは浮力の影響によって主流と直交する2次流れが生じ、熱伝達率が上昇したものであり、粘度の高い供試油▼A▼及び▼B▼ではこの影響はみられなかった。

配管内流動特性実験の結果から直管での管摩擦係数は従来式とよく一致することが判明した。ベンド及びエルボについては、従来から層流域での実験値は報告されていないので、得られた結果の妥当性の検討は行えないが、来年度実験装置の配管中にベンド及びエルボの圧力損失測定部を設けデータを採取、解析によってこれを行おう予定である。ティーでの損失係数はエルボの約1.5倍の値が得られたが、これについての従来のデータも存在しない。玉形弁、仕切弁につ

いての損失係数の実測値はレイノルズ数の変化による影響を受けない。即ち損失係数が一定になった値は発表されている。しかし弁の構造は複雑であり、同じ形式の弁でも製造会社が異れば微妙な形状の相異が生じ、このため発表された値にはかなりのばらつきがある。本実験で得られた損失係数はカタログ値に比し玉形弁で約2倍、仕切弁はほぼ同じ値となっているが、これの原因は仕切弁の結果からみて供試油の性状によるものではなく、弁の構造によるものと考えるのが妥当であろう。

油こし器については弁以上に製造会社による形式、構造の差が大きく抵抗係数と開口比等との関係を一般化することは困難であり、測定値を損失係数に整理し表示するにとどめた。

## 2. 実験装置及び実験方法

### 2.1 実験装置

#### 2.1.1 実験装置概要

図2.2.1にタンク内加熱及び流動特性実験フローシートを図2.2.2に配管内加熱実験フローシートを示す。

油原料タンクは昭和55年度実験で製作、使用されたものであり、タンク内加熱及び流動特性実験と配管内流動特性実験の双方で使用された。このタンクの要目については昭和55年度報告書<sup>(1)</sup>に記載されているので省略する。

モデルタンクはタンク外面にジャケットを設け、冷水或いは空気により冷却できる構造に改造し、実船で燃料油タンクが海水或いは外気により冷却されていることを想定したタンク内加熱特性実験を可能にした。冷却に使用した冷却水は冷水製造装置によりジャケット入口温度が一定となるように制御されている。モデルタンクに設置される加熱管も水蒸気加熱から電気加熱(0.5 kw)に変更した。但し加熱管の外径は変わっていない( $\phi 25.4\text{ mm}$ )。変更の理由は加熱量の正確な把握と加熱管の壁面温度制御を容易にするためである。このために壁面温度制御はスライダックによる供給電力の調節により行い、加熱量は電力計により測定した。加熱管に使用した電気ヒータは市販のカートリッジヒータであり、この表面に検定した銅一コンスタンタン熱電対を取付け、これを継目無鋼管(C 1220; 外径 $\phi 25.4\text{ mm}$ 、厚さ1.5mm)に挿入し隙間に伝熱セメントを封入、固定した。加熱管外管表面にも検定したクロメルーアルメル熱電対を取付け、タンク内加熱特性解析の加熱管壁温とした。

モデルタンクを図2.2.3に、加熱管を図2.2.4に示す。

配管内流動特性実験は直管、ペンド、エルボ、ティー、舶用玉形弁、舶用仕切弁及び油こし器について行った。

直管での流動特性実験は継目無鋼管(C 1220, OD  $\phi 19\text{ mm}$ , t 2.0 mm)及び配管用炭素鋼管(SGP 25 A)について行った。圧力損失の測定は直管部3mで行われ、測定部の前流側には流れが充分発達するのに必要とする助走部を設けた。

ペンドは配管用炭素鋼管(SGP 25 A)を一般に使用されているパイプベンダー(油圧式)で4種類の曲げ半径に加工し夫々の流動特性を求めた。

エルボ及びティーの流動特性はいずれもJIS B 2304 一般配管用鋼製突き合せ溶接接手に規定されている一呼び径1(25 A)を用いて調査した。

舶用仕切弁及び舶用玉形弁はいずれも呼び径25 Aを使用し、弁開度による圧力損失を測定することにより流動特性を求めた。

油こし器は図2.2.5に示される型式のものであり、こし網の取換が容易に出来る構造になっている。

以上の配管材及び構成品の圧力損失は夫々の供試材の前後に図2.2.6に示される圧力取出金具を取付け差圧発信器により測定した。圧力出口は全周にわたり巾1mmのスリットより圧力が取出され供試油の固化、等により閉そくされるのを防止している。

圧力導管にはターピン油を封入し、圧力出口と同様に供試油の固化等による導管の閉塞防止と共に運転中に導管

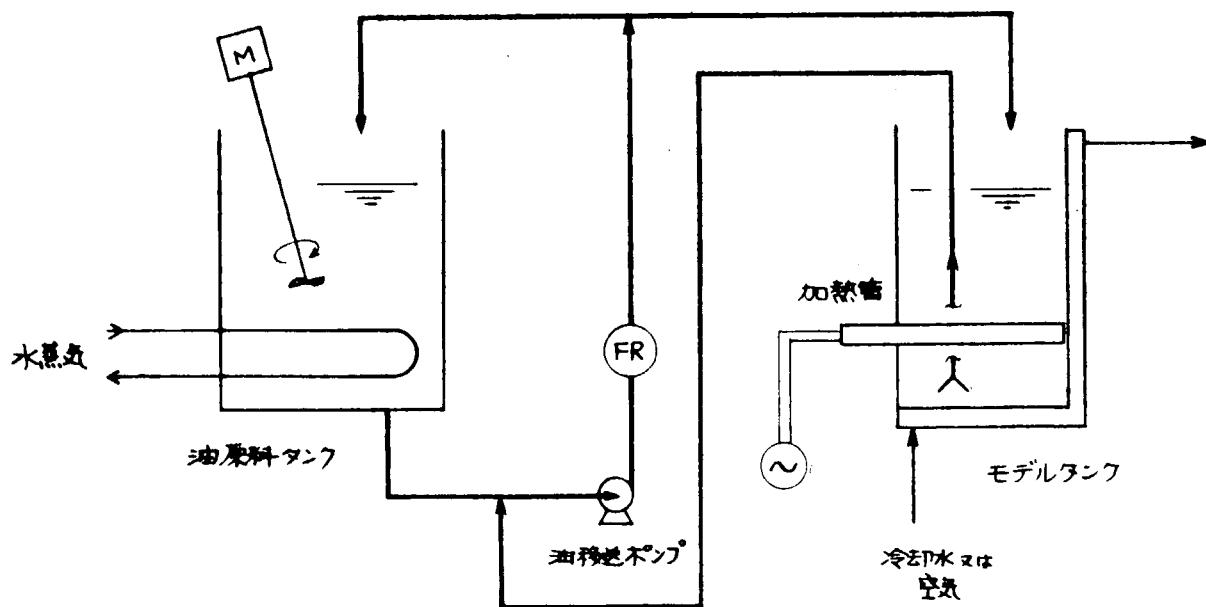


図 2.2.1 タンク内加熱及び流動特性実験フローシート

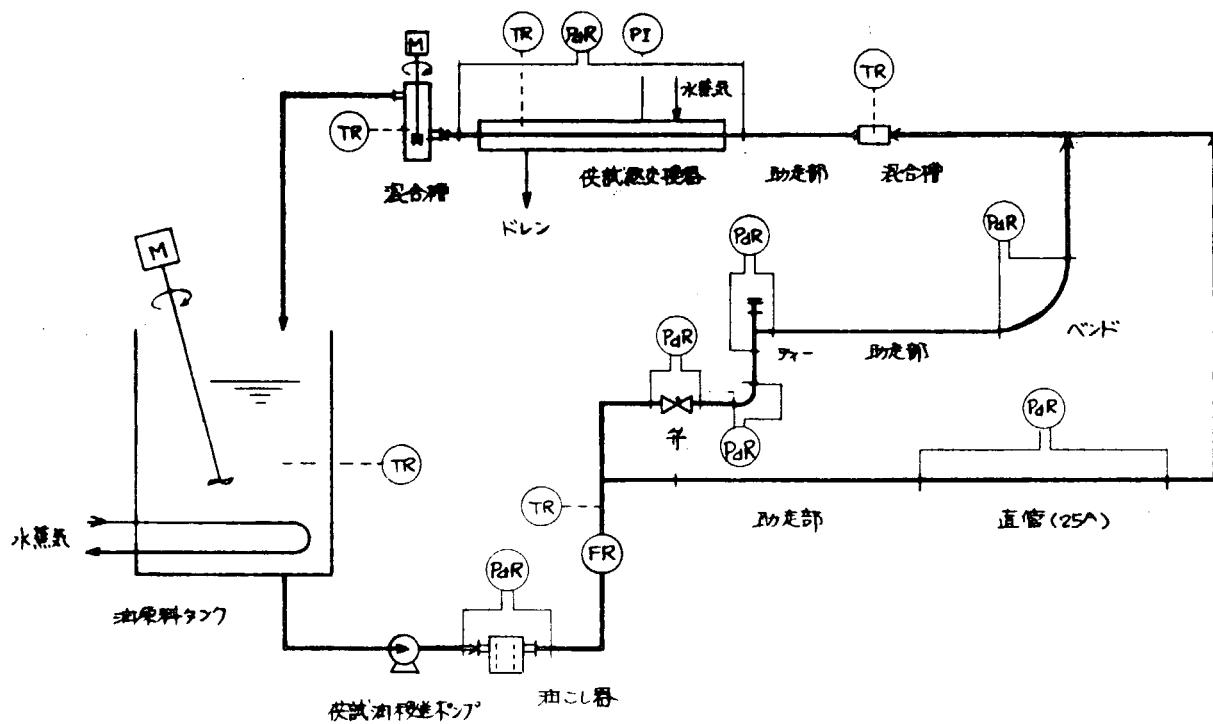


図 2.2.2 配管内加熱及び流動特性実験フローシート

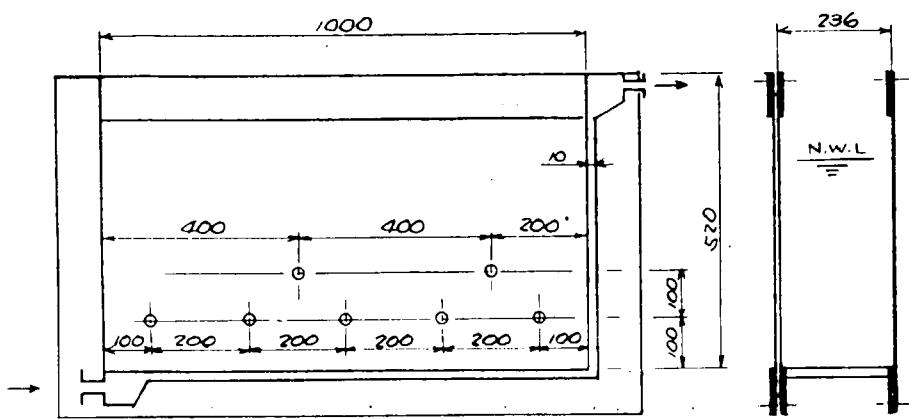


図2.2.3 モデルタンク

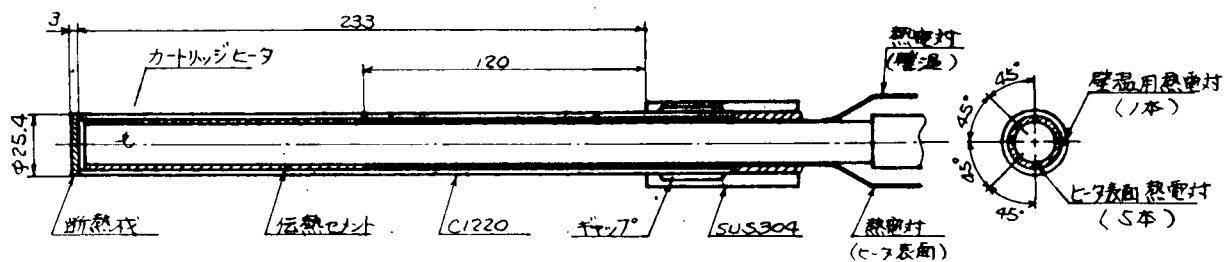


図2.2.4 加熱管断面図

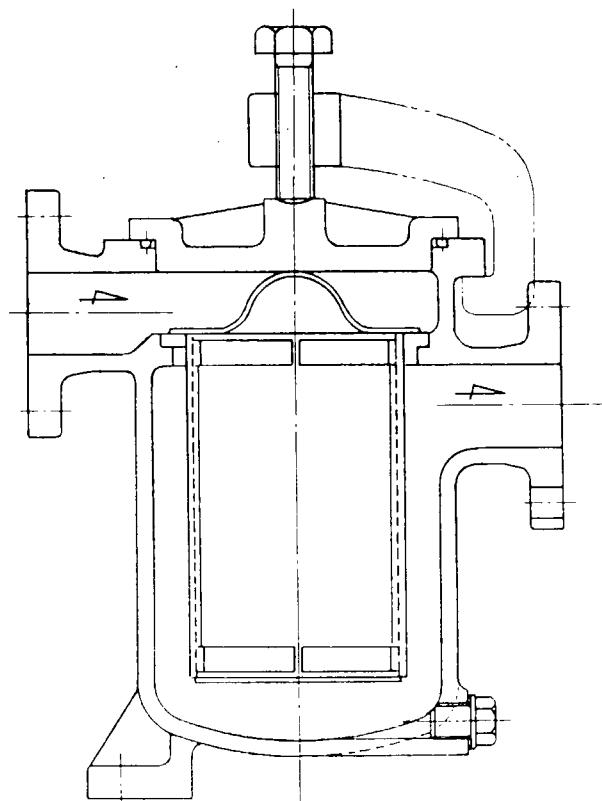


図2.2.5 油こし器

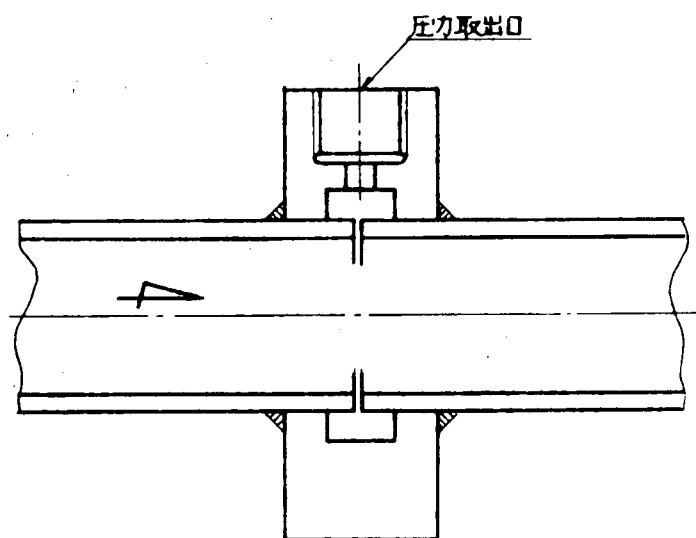


図2.2.6 圧力取出金具

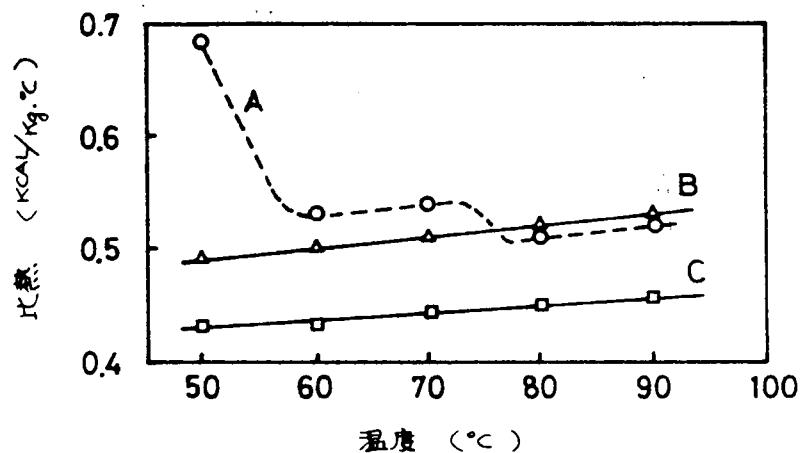


図2.2.7 供試油の比熱

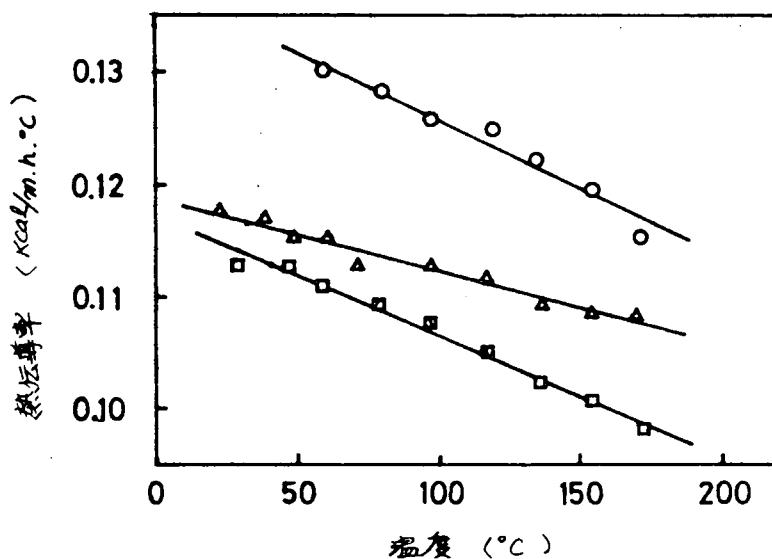


図2.2.8 供試油の熱伝導率

内にたまる気泡を容易に抜き出せるようにした。封入したタービン油は系内の供試油と混合しない様に注意して操作した。

供試油▼A▼に対する配管内加熱実験は1.2で述べた理由により再実験が必要となり、昨年度製作した入口側混合槽、助走部、配管内熱実験装置及び出口側混合槽の構成で配管内流動特性実験装置系内に組み実施した。

各部の機能、要目については昨年度報告書に記載されておりここでは省略する。

### 2.1.2 機器要目

実験装置概要で説明した機器及び昨年度製作し本年度実験に使用した機器を含め、実験装置を構成している機器及び装置の要目を表2.2.1に示す。

表2.2.1 機器要目表

名称	個数	型式	仕様	主要部材質	備考
原料タンク	1基	角型	容量 200ℓ 加熱用伝熱面積 0.86m <sup>2</sup> 冷却用伝熱面積 1.17m <sup>2</sup>	SS 41 STB 35 "	搅拌機付
モデルタンク	1基	角型	寸法 236×1000×600 有効容積 100～150ℓ 可視部 1000×520	SS 41	ガラス窓付 ジャケット付
タンク加熱管	7本		使用本数 5又は2.5本 伝熱管 25.4OD, 1.2t 伝熱面積 0.016m <sup>2</sup> /本	C 1220	電気加熱
配管内加熱 実験装置	1基	二重管型	伝熱管 寸法 19.0OD, 2t 伝熱有効管長 3m 伝熱面積 0.179m <sup>2</sup> シェル 寸法 114.3OD, 4.5t ジャケット 寸法 165.2OD, 5.0t 長さ 2600mm	C 1220 SGP SGP	ジャケット付
助走部			ベルマウス r/d = 0.5 直管部 1000mm	SUS 304	
入口側混合槽	1基		内容積 約300ml 彫魔板 3枚	SGP	
出口側混合槽	1基	機械搅拌	内容積 約580ml 彫魔板 4枚	SGP	搅拌機付
ボイラー	1基	電気式	最大蒸発量 約9kg/H 保有水量 50ℓ	SGP	
供試油移送ポンプ	1台	歯車式	送油量 最大3m <sup>3</sup> /H 口径 25A		

名 称	個 数	型 式	仕 様	主要部材質	備 考
冷水製造装置	1式		チラーユニット；冷媒 R-12 ；冷凍能力 3 冷凍トン 冷水タンク ；保有水量 1.2 m <sup>3</sup> 循環ポンプ ；最大循環量 2 m <sup>3</sup> /h	SS 41 SUS 304	搅拌機付
配管内流動特性 実験供試部	1式		直 管；25A, 3000mm φ15, 3000mm ベンド；25A, R = 690, 450, 270, 130mm エルボ；JIS B 2304呼び径 1 ティー；JIS B 2304呼び径 1 舶用仕切弁；JIS 5 kgf/cm <sup>2</sup> フランジ型 舶用玉形弁； 同 上 油こし器；単式油こし器 32A	SGP C1220 SGP Bs Bs FC	
差 壓 発 信 器	2台		測定範囲；0 - 500 ~ 3500 mm H <sub>2</sub> O 測定精度；0.2% of F.S. 出力信号；1 ~ 5 VDC		

## 2.2 実験方法

### 2.2.1 タンク内加熱特性実験

油原料タンクからモデルタンク内に約 100 ℥ の供試油を移送し、一昼夜以上放置しモデルタンク及び供試油が常温になっていることをモデルタンク内に油温及び壁温測定用に配置されている熱電対温度計及び加熱管に取付けられた熱電対温度計により確認した後に実験に着手する。

モデルタンクにはあらかじめ決められた境界条件により空気或いは冷水でタンク外壁を冷却すると同時に、加熱管には加熱条件に従ってスライダックにより調節された電力が供給され加熱が開始される。

供試油温度、モデルタンク壁温及び加熱管壁温は熱電対温度計により、加熱量は電力トランスジューサにより直流電力に変換し、夫々ディジタルマルチメータにより連続的に記録されると共に、供試油の温度分布は赤外線カメラにより計測される。

冷却媒体の温度も熱電対温度計により測定されているが、ジャケット出入口の温度差が小さく、これにより伝热量を求める精度がないので、タンク外面の熱伝達率の算出の際の代表温度としてのみ採用した。

### 2.2.2 タンク内流動特性実験

張込み時のタンク内流動特性実験の手順は、油原料タンクで所定の温度まで加熱した供試油を実船での油面上昇速度に相当する流量でモデルタンクに張込み、供試油の流動状態を肉眼により観察するとともにビデオカメラにより撮影、録画する。

モデルタンクに供試油が移送されると同時にタンク外面は冷水により冷却され、供試油の温度及びモデルタンク壁温は連続記録される。

観察は冷却壁面で供試油の流動が阻害されるような現象の発生について行われた。

抜き出し時のタンク内流動特性は、張込み時と同様に実船でのタンク油面下降速度に合せた流量でモデルタンクから抜き出し、この時の供試油の流動状態をDEAD OIL量と冷却面による流動阻害に着目して観察した。

### 2.2.3 配管内流動特性実験

補助用灯油焚きボイラにより油原料タンク内の供試油を所定温度まで加熱した後に、配管内流動特性実験装置に供試油を導き循環を開始する。

装置及び供試油がほぼ同じ温度で且つ所定温度に達すると加熱用蒸気を圧力が微調節できる電気ボイラからの蒸気に切り換え供給し、油原料タンクの供試油温度が一定温度を保つようにする。

油原料タンクに設けられている攪拌機は供試油加熱開始と同時に運転を行い、タンク内の供試油温度を均一化している。

実験装置出口の供試油温度は常時計測され、この温度と装置入口温度が不变であることを確認した後にデータ採取を行った。

供試油の流量は検定された積算式流量計によって行い、圧力損失の測定は測定精度を良くするために、夫々の供試配管材の最高圧力損失に近い測定スパンに調節した差圧発信器を検定して使用した。

### 2.2.4 配管内加熱実験の方法

本実験は昨年度製作した実験装置をそのまま使用し、全く同じ手法により実施したので説明を省略する。

なお、以上の各実験において供試油の交換時には系内をターピン油、灯油の順で洗浄し、灯油のドレン切りを充分に行った後に新たな供試油の系内への張込みを行った。

## 3. 供試油の性状

供試油として▼A▼、▼B▼、▼C▼の3種類を選定した。符号は昨年度実験で採用した供試油に対応している。

供試油の物性値のうち比熱及び熱伝導率については実測値がなかったので、本年度これらの物性値の計測を行った。その結果の比熱を図2.2.7に、又熱伝導率を図2.2.8に示す。

比熱の計測は示差走査熱量計で行った。一般に油の比熱は温度による単調増加関数であり、これは供試油▼B▼及び▼C▼に示されている。しかし供試油▼A▼は複雑な温度—比熱曲線になっている。

この原因は比熱が融解熱を含めた値となっているためと推定され、図2.2.7から約75°C以下は融解領域であると考えられる。

熱伝導率は、非定常細線加熱法により測定した。測定装置は熱伝導率の実測値の良く知られているトルエンで検量した後に供試油の熱伝導率を測定した。

供試油の性状を表2.2.2に示す。

表2.2.2 供試油の性状

項目	供試油符号	A	B	C
油名	粗 惠油	粗 惠油	ターピン油	
流动点 °C	45	-7.5	—	
比重 (15/4°C)	0.9042	1.0203	0.8628	
粘度 (50°C) cSt	137.6	248.9	20.42	
比热 (〃) kcal/kg·°C	0.512*	0.430	0.491	
热伝導率 (〃) kcal/m·h·°C	0.132	0.115	0.112	
膨脹率 1/°C	$0.74 \times 10^{-3}$	$0.65 \times 10^{-3}$	$0.77 \times 10^{-3}$	
見かけの潜熱 kcal/kg	8.3	—		

\* 80°Cでの値である。

## 4. 実験結果とその考察

### 4.1 実験条件

タンク内加熱実験の実験条件を表2.2.3に、タンク内流動実験の実験条件を表2.2.4に、配管内流動実験における直管部実験条件を表2.2.5、ベンド実験条件を表2.2.6、舶用仕切弁実験条件を表2.2.7、舶用玉形弁実験条件を表2.2.8、油こし器実験条件を表2.2.9に夫々示す。

配管内流動特性実験での供試油の流速範囲は0.05～4m/sであり層流域である。圧力損失の測定精度を上げるために低レイノズル数での実験における供試油▼B▼では油温を下げ、出来るだけ流速を早くし大きい圧力損失が得られるよう考慮した。

### 4.2 タンク内加熱実験（外面冷却）の結果と考察

昭和55年度の供試油▼C▼による冷却なしの実験に引き続き、タンクの右側面と底面とを冷却する条件で供試油▼B▼に関し実験した。この1例を写真2.2.1に示す。

実験時間の前半は昨年の結果と同じ温度パターンを示すが、後半に至り温度分布が変ってきている。

これが如何なる理由で発生するか、この場合の熱伝達率が従来の関係式と合致するか等、未だ充分検討できていない。

これらは昭和57年度において二、三の追加実験を実施するとともに、解析を加え最終報告の段階で明らかにする予定である。

### 4.3 タンク内流動実験の結果と考察

前述の通り、実船操業の場合と同じレベル上昇速度にて挙動観察した結果、単に通常の液体を張り込む場合と何らの差異も見出せなかった。

このようなデータは高粘度油▼B▼について、冷却しながら注油した場合に得られたものであり、別の▼A▼については実験装置の不備（貯油は可能であるが、翌日全体が凝固するため抜き出せない。加熱管によるHEAT UPを終夜

表2.2.3 タンク内加熱実験の実験条件

項目	実験条件
加熱管：伝熱負荷	5400～27000kcal/m <sup>2</sup> h°C
冷却水量 外面冷却： 冷却空気量	15～40m <sup>3</sup> /h 30～75N m <sup>3</sup> /h

表2.2.4 タンク内流動実験の実験条件

項目	実験条件
油面上昇速度（漲込時）	0.5～4m/H
油面下降速度（抜出時）	0.05～0.5m/H

表 2.2.5 直管部流動実験の実験条件

項目	実験条件
管 内 径	$\phi 15, \phi 27.6$ (25 ASGP)
平 均 流 速	0.05~4 m/s ( $\phi 15$ ), 0.05~1 m/s (25 A)
レイノルズ数	30~2000 (層流域)

表 2.2.6 ベンド流動実験の実験条件

項目	実験条件
$R/a$ (曲率半径/管半径)	9.4~50 (4種類)
平 均 流 速	0.05~1 m/s
レイノルズ数	10~700

表 2.2.7 船用仕切弁の実験条件

項目	実験条件
$\ell/d$	1.0~0.133

表 2.2.8 船用玉形弁の実験条件

項目	実験条件
$\ell/d$	1.0~0.299

表 2.2.9 油こし器の実験条件

項目	実験条件
金網のメッシュ	32, 60, 及び 100 メッシュ

行えるように改造しなければならない等) のため実施が遅れ、昭和57年度にずれ込むことになった。

最終報告書に注油、抜き出し両方の実験結果を報告する予定である。

#### 4.4 配管内流動実験の結果と考察

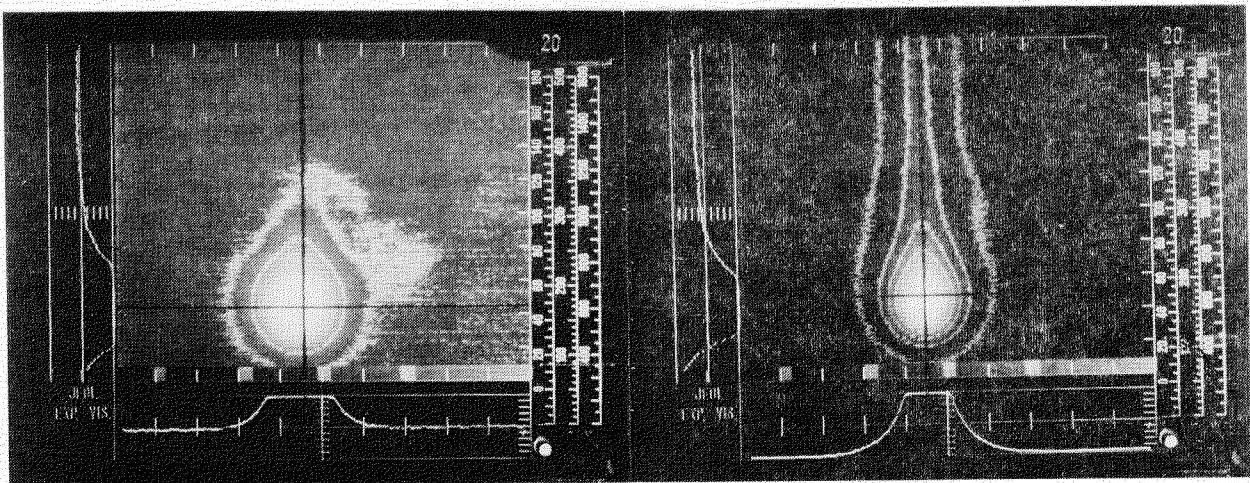
##### 4.4.1 直 管

直管における管摩擦係数とレイノルズ数の関係を図 2.2.8 に示す。図中の実線は層流における管摩擦係数とレイノルズ数の関係を与える相関式である。

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

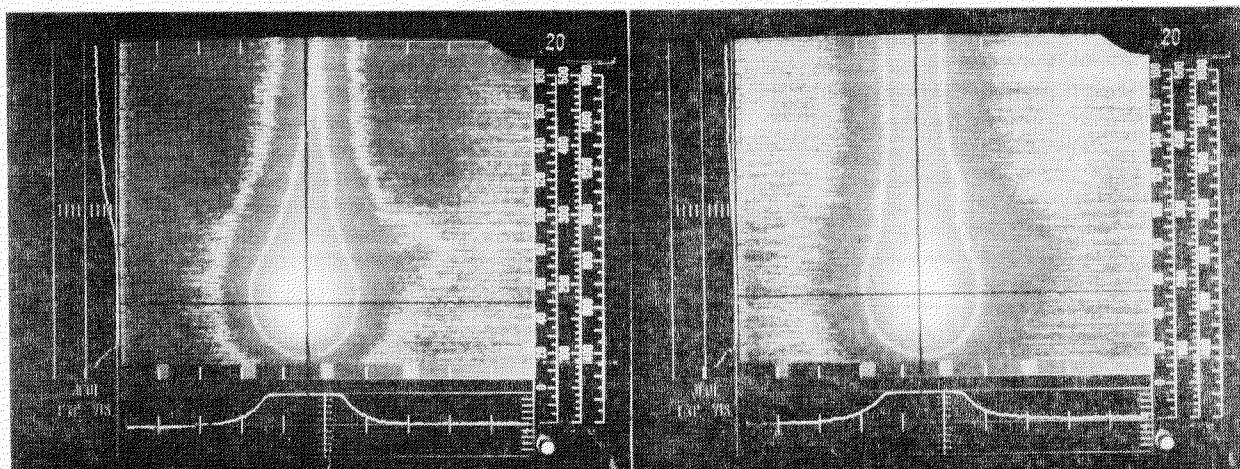
また直円管内を流体が流れるときの摩擦損失ヘッドは次式で与えられる。

$$h = \frac{\Delta P}{\gamma} = \lambda \cdot \frac{\ell}{d_i} \cdot \frac{v^2}{2g}$$



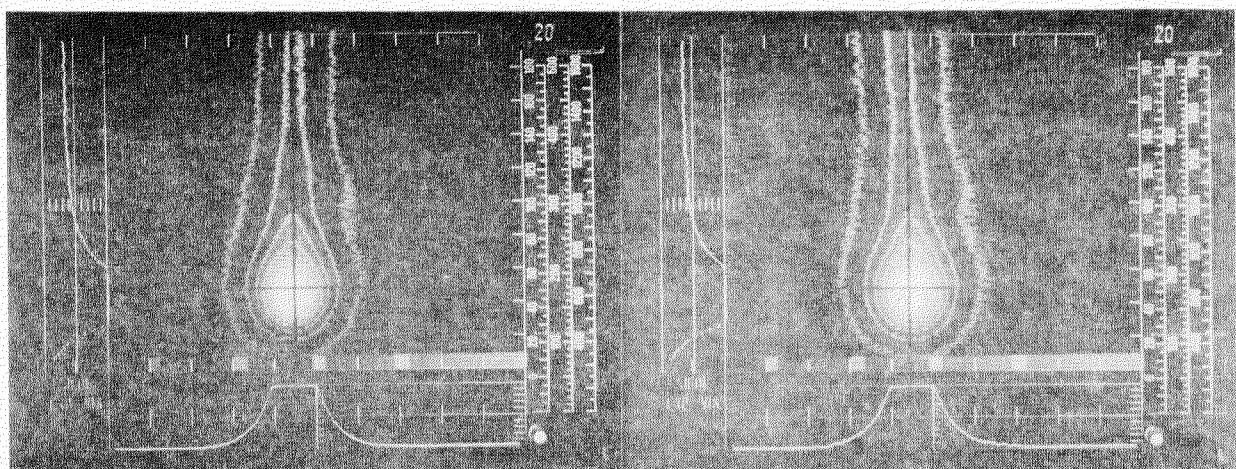
15 分後

60 分後



30 分後

75 分後



45 分後

90 分後

写真 2.2.1 タンク内加熱実験の 1 例

ここに,  $h$ ; 摩擦損失ヘッド(m),  $\Delta P$ ; 圧力損失(kg/m<sup>2</sup>),  $\tau$ ; 比重量(kg/m<sup>3</sup>),  $\lambda$ : 管摩擦係数(-),  $\ell$ ; 直管長さ(m),  $d_i$ ; 直管内径(m),  $v$ ; 流体の平均速度(m/s)

実験では供試油流量及び圧力損失が計測され上式から管摩擦係数が算出される。

図2.2.8からわかるように実験結果は従来式とよく一致しており、超粗悪燃料油に対しても適用可能であると言える。

たゞ供試油▼A▼のような流動点の高い超粗悪油については全成分が融解する温度を見きわめて取扱う必要がある。

#### 4.4.2 ベンド及びエルボ

ベンドの曲率半径と管半径の比,  $R/a = 50, 32.6, 19.6$  及び  $9.4$  のベンドとエルボ( $R/a = 2.8$ )の関係を図2.2.9~図2.2.13に示す。

損失係数 $\zeta$ は次式で示される。

$$\zeta = \frac{h}{v^2 / 2g}$$

ここで,  $h$  は摩擦損失ヘッド(m),  $v$  は平均速度(m/s)であり、直管と同様に圧力損失と供試油流量を計測すれば損失係数が求まる。

曲り管での摩擦損失と等しくなる直管の仮想長さを相当長 $\ell'$ とすれば次式が成り立つ。

$$\lambda_s \cdot \frac{\ell'}{d_i} \cdot \frac{v^2}{2g} = \lambda_c \cdot \frac{\ell}{d_i} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\therefore \frac{\lambda_c}{\lambda_s} = \frac{\ell'}{\ell}$$

ここで,  $\lambda_s, \lambda_c$  は夫々直管及び曲り管の摩擦係数であり,  $\ell$  は曲率半径の長さである。

$\lambda_c$  は実験により求められ,  $\lambda_s$  は前述の相関式より求められる。この結果を図2.2.14に示す。

#### 4.4.3 ティー

図2.2.15にティーの損失係数を示す。ティーの損失係数は同じ呼び径のエルボの約1.5倍である。

#### 4.4.4 弁

弁開度をパラメータとした損失係数を舶用仕切弁について図2.2.16に舶用玉形弁を図2.2.17に示す。

弁の損失係数は或る流速を越えると一定となり、この値は文献に紹介されている<sup>(2)</sup>。本実験の流速は損失係数の変化する範囲であるが、弁開度全開時の損失係数が文献値の範囲内にあることから妥当な結果が得られていると思われる。

#### 4.4.5 油こし器

油こし器の流動特性は本来なら金網の開口比による影響について調査すべきであるが、製造所により形式、構造が異りこし器としての流動特性の一般化は困難である。

そこで本実験では油こし器本体を含めた損失係数を求め圧力損失の目安とした。

結果を図2.2.18に示す。

### 4.5 配管内加熱実験の結果と考察

図2.2.19に供試油▼A▼, ▼B▼及び▼C▼による結果をSIEDER & TATEの相関式、HAUSENの相関式との対比によって示す。

ここで供試油▼A▼については再実験を行った結果であり、供試油▼B▼及び▼C▼は昨年度実施して得られた実験データを本年度計測した比熱、熱伝導率で再計算したものである。

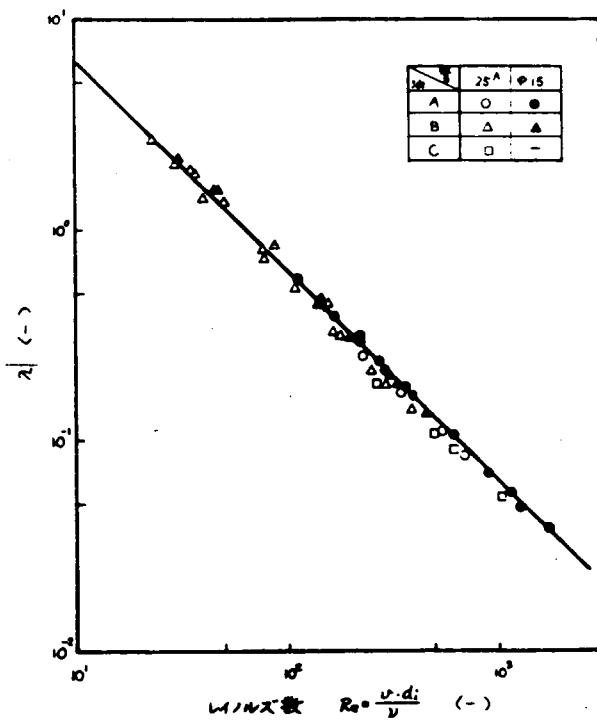


図 2.2.8 直管の管摩擦係数  $\lambda$

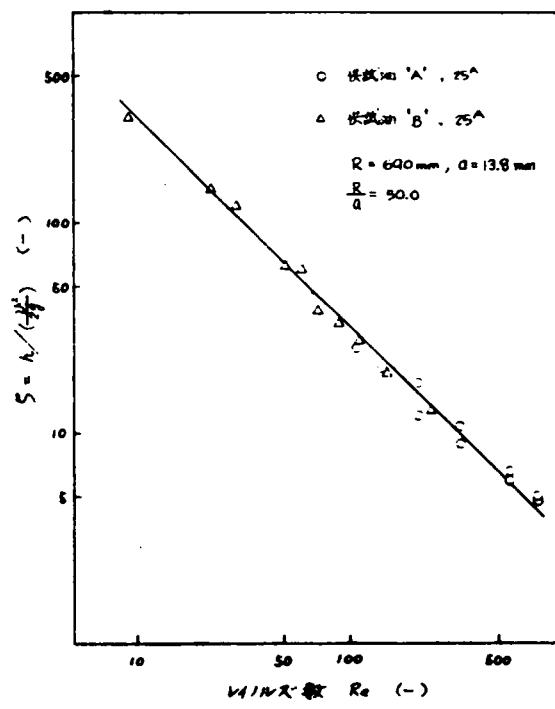


図 2.2.9 ベンドの損失係数  $\zeta$

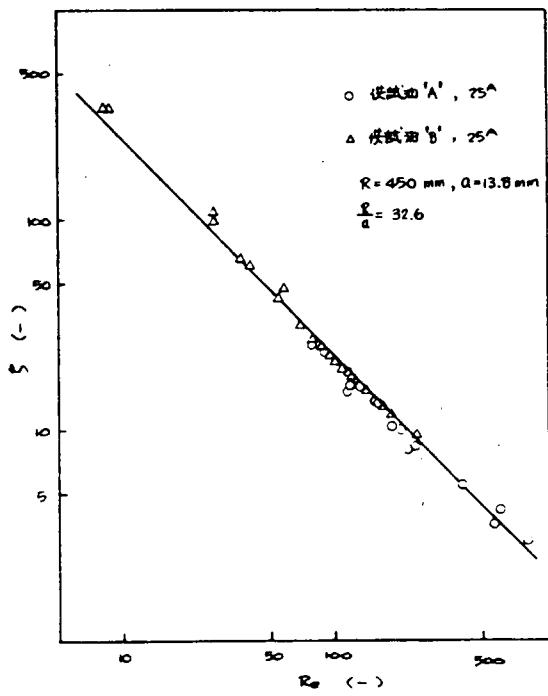


図 2.2.10 ベンドの損失係数  $\zeta$

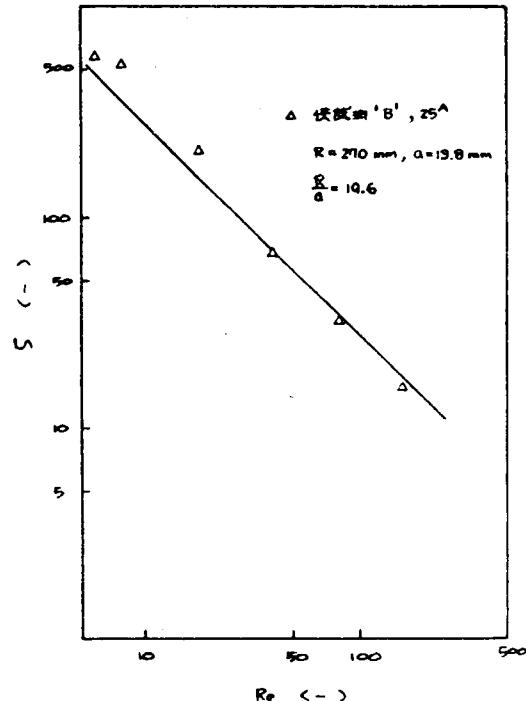


図 2.2.11 ベンドの損失係数  $\zeta$

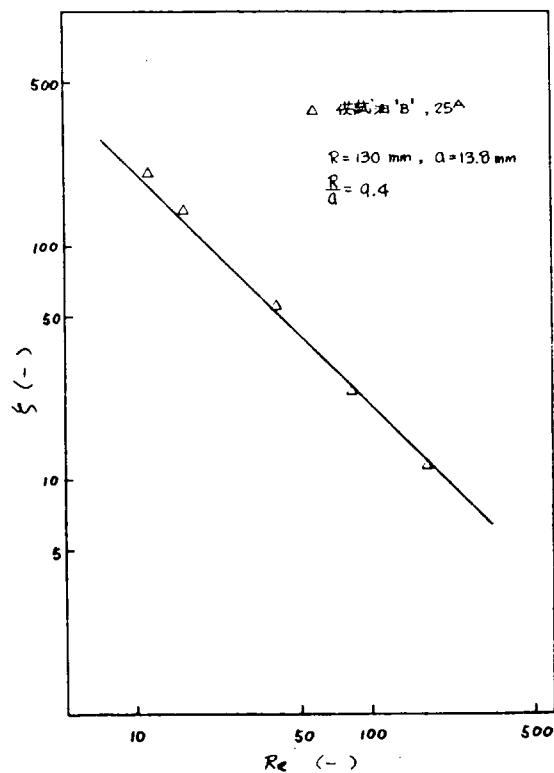


図 2.2.12 ベンドの損失係数  $\xi$

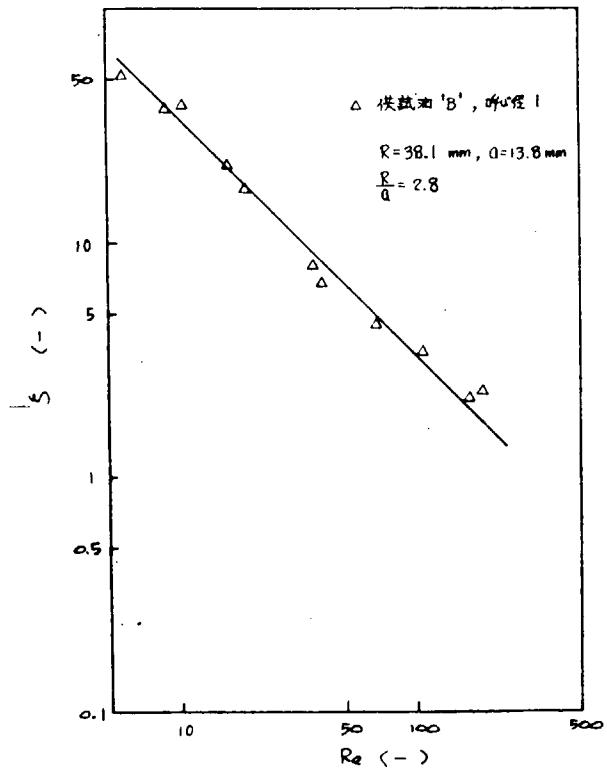


図 2.2.13 エルボの損失係数  $\xi$

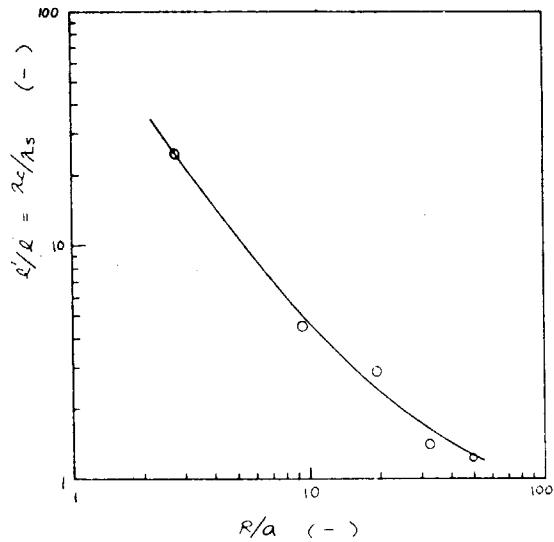


図 2.2.14  $(\lambda'/\lambda_s)$  vs.  $(R/a)$

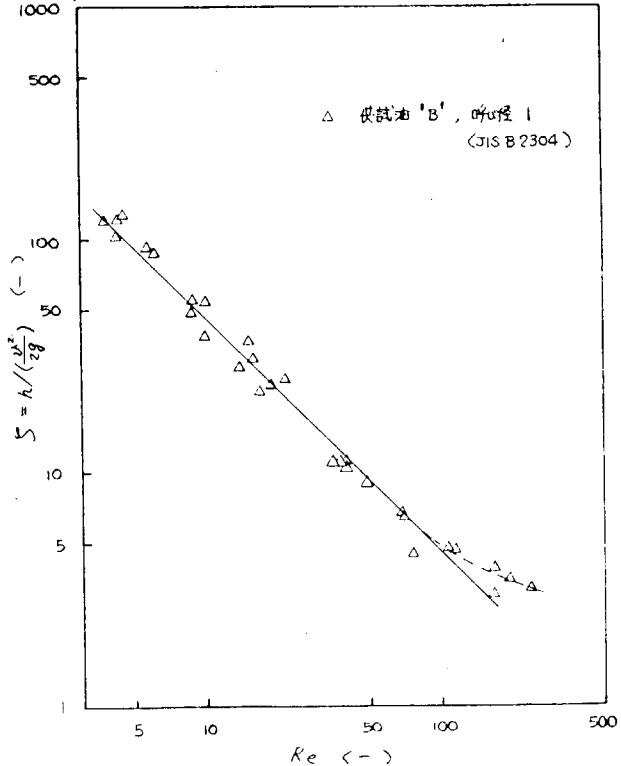


図 2.2.15 ティーの損失係数  $\xi$

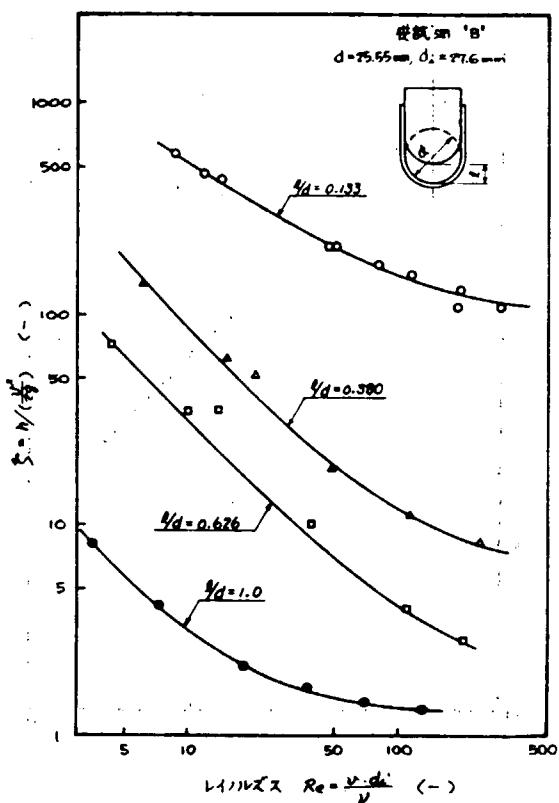


図 2.2.16 船用仕切弁の損失係数

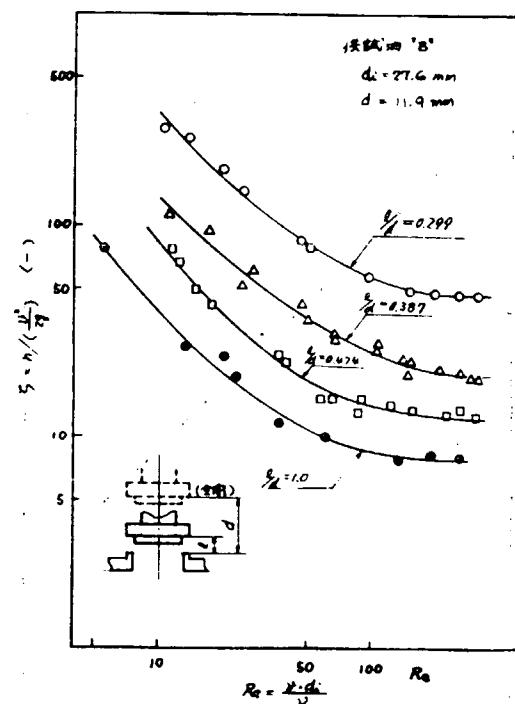


図 2.2.17 船用玉形弁の損失係数

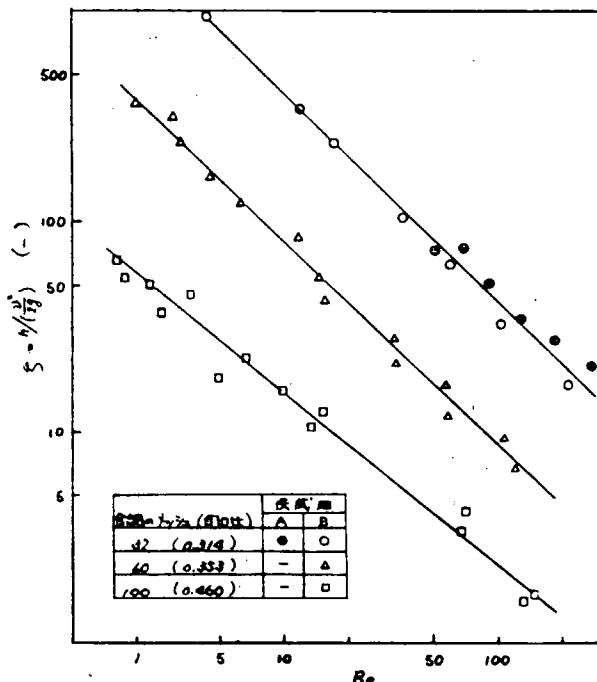


図 2.2.18 油こし器の損失係数

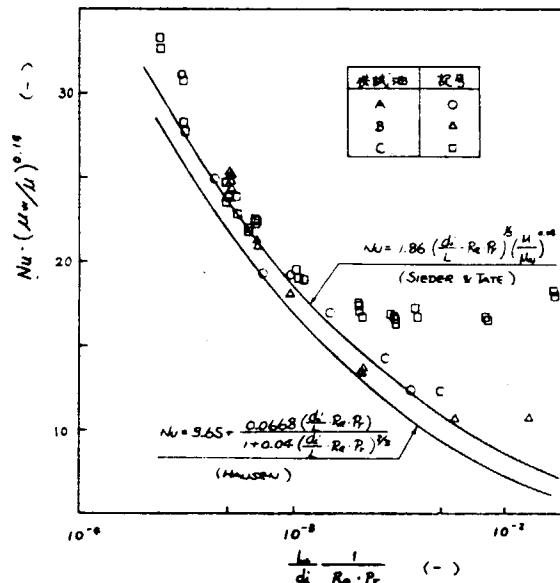


図 2.2.19 管内熱伝達率

図2.2.19において横軸の値が  $1.5 \times 10^{-3}$  以上で ▶ C ▶ は SIEDER & TATE の相関式からはずれてくるが、この原因は自由対流の効果であることが昨年度報告書で述べられている。この記述の正しいことが粘度の高い ▶ A ▶ 及び ▶ B ▶ で  $(L/d_i) (1/Re \cdot Pr)$  の広い範囲にわたって SIEDER & TATE の相関式と良く一致していることから証明される。

## 5. 結論

超粗悪燃料油の配管内流動特性に関する研究を主に実施した結果、以下の結論を得た。

### 1. 配管内流動特性に関しては層流域について

- (1) 直管部摩擦係数の算出には従来相関式の適用ができる。
- (2) 曲り管（ペンド、エルボ）の相当長と  $R/a$  の関係が得られた。

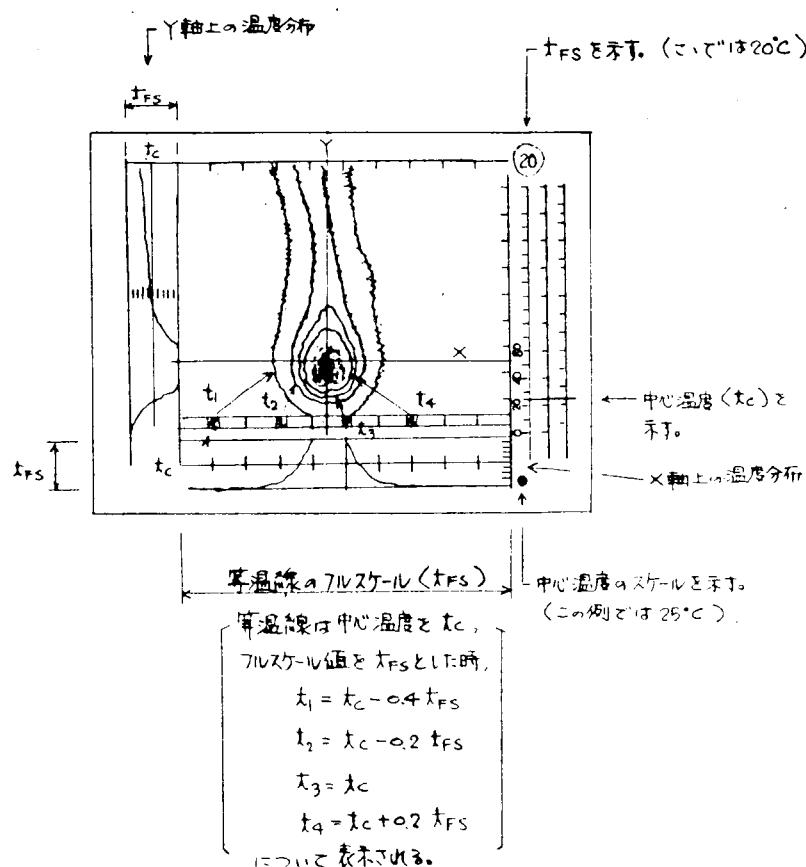
### 2. 配管内加熱実験では SIEDER & TATE の相関式を適用して差しつかえないことが明らかとなった。

#### 引用文献

- (1) 外航大型船における超粗悪燃料油使用に関する調査研究報告書  
昭和56年3月、(日本造船研究協会)
- (2) 管路・ダクトの流体抵抗、P 65、(日本機械学会)

#### (付) 赤外線カメラにより撮影した写真の見かた

写真2.2.1に示したタンク内加熱実験時に赤外線カメラにより撮影されたモデルタンク内の温度分布写真は以下のことを示している。なお、説明図では黒白が反転されている。



## 付録 各種清浄度の試験油の実験室的製造（燃料油清浄に関する実験）の追試験結果

### 1. 緒 言

昭和55年度外航大型船における超粗悪燃料油使用に関する調査研究 2.1 基礎データ把握のための実験室実験 表2.1.4 燃料の清浄条件、及び2.2各種清浄度の試験油の実験室的製造、図2.2.16 SJ3000型清浄機による清浄効果 の2枚を再掲載する。

図2.2.16に示すように、F2-P2では理論値に近い分離が行われているが、F2-P4では理論通りの清浄効果は得られていない。

そこで新たにF2-P3に対する試験と解析を行い、試験結果の補間を目指した。また、F2-P2、F2-P4に対しても、再解析を行って、より細かいピッチで分離率を求めた。

### 2. 試験結果

F2-P2、F2-P3、F2-P4についての結果を図2.付2に示す。F2-P2、F2-P3では理論値に近い分離が行なわれている。一方、F2-P4では、理論通りの分離は得られず、分離率はむしろP3に近い。

以上の点から見て、清浄機の通液量を絞り込んで分離能力をあげるには限界があり、その限界はF2-P3付近にあると推定される。

表2.1.4 燃料の清浄条件

(昭和55年度SR185報告書)

試料油 呼記号	条件 呼記号	使 用 清浄機	流 量 定格流量 %	通 液 条 件			臨界粒径	
				温 度 ℃	密 度 g/cm <sup>3</sup>	粘 度 cSt	P <sub>1.8</sub> μm	P <sub>23</sub> μm
A 1 P1	AE15V	80	92	0.9086	23	1.8	—	—
A 2 "	"	74	95	0.9004	26	"	—	—
VB1	"	"	31	95	0.9513	62	"	—
VB2	"	"	45	95	0.9355	44	"	—
F 1 "	"	30	95	0.9830	55	"	—	—
F 2 P2	SJ3000	80	95	0.9690	48	2.7	2.2	—
F 2 P3	"	14	95	0.9690	48	1.1	0.9	—
F 2 P4	"	3	95	0.9690	48	0.5	0.4	—

定格流量 AE15V 1500 l/H SJ3000 3000 l/H

P<sub>p</sub> : 粒子密度 (g/cm<sup>3</sup>)

