

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 58 年 3 月

社 団 法 人
日 本 造 船 研 究 協 会

船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3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配管・タンク付属品の超粗悪燃料油に対する適用実験と燃料油の清浄に関する実験室実験を行い、これらを総合的にとりまとめた。さらに、外航大型船による超粗悪燃料油使用の実船試験計画を検討した。

は し が き

本報告書は、日本船舶振興会昭和57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)		
委 員	安 藤 進(シェル石油)	泉 泰 智(三菱重工業)	
	植 田 靖 夫(船舶技術研究所)	臼 居 勲(日本船主協会)	
	遠 藤 裕 久(三井造船)	遠 藤 光 男(日本鋼管)	
	大 村 彦 嶽(日本海事協会)	柿 原 実(三井造船)	
	越 川 篤 志(石油連盟)	清 水 滉(川崎重工業)	
	高 崎 潔(三菱重工業)	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)	
	轟 淳(日本鋼管)	長 島 孝 一(日本船用工業会)	
	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	池 田 博 一(日立造船)	井 上 守(三井造船)	
	岩 井 隆 行(三井造船)	榎 本 司(住友重機械工業)	
	岡 野 芳 樹(川崎重工業)	荻 野 彰 一(日立造船)	
	塩 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(日本船用工業会)	田 中 正 紀(三井造船)	
	花 島 脩(シェル石油)	樋 口 哲 朗(三菱重工業)	
	福 池 順 之(日本鋼管)	山 下 章 夫(日本鋼管)	
	山 根 猛(三井造船)		

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)	大 谷 伸 一(川崎重工業)	
	雲 石 隆 司(三菱重工業)	小 泉 真 理(石川島播磨重工業)	
	鈴 木 成 男(日本船主協会)	鈴 木 博 信(日本船用工業会)	
	田 中 力 郎(山下新日本汽船)	花 島 脩(シェル石油)	
	松 本 潔(川崎重工業)		

実船実験計画分科会委員名簿

(敬称略，五十音順)

分科会長	高崎 潔(三菱重工業)	
委員	泉 泰智(三菱重工業)	榎本 司(住友重機械工業)
	遠藤 裕久(三井造船)	楠元 克徳(日本鋼管)
	佐々木 耕(三井造船)	杉村 浩正(日立造船)
	宮下 尚明(住友重機械工業)	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	雲石 隆司(三菱重工業)	松本 潔(川崎重工業)

目 次

まえがき	1
第1編 超粗悪燃料油使用に対する問題点の調査	2
第1章 船用重油重質化の背景と動向	2
1. ま え が き	2
2. 重油の需要動向	2
3. 重油基材と製造方法	2
4. 石油精製装置	3
5. 船用重油の性状	5
6. 船用重油の各性状動向	5
7. 船用重油規格動向と将来の性状予測	9
第2章 外航大型船における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調査・解 析結果の総合とりまとめ	27
1. ま え が き	27
2. 集 計 結 果	27
3. あ と が き	34
第3章 超粗悪燃料油による障害・問題点とその原因・因果関係及び対策	36
1. 燃料油貯蔵及び移送システム	36
2. 燃料油前処理及びサービスシステム	38
3. 燃焼・スラッジ処理システム	42
4. 潤滑油性能及び管理	45
第4章 ディーゼル機関及び周辺システムの設計条件と限界仕様	48
1. ディーゼル機関	48
2. 燃料前処理装置	48
3. 燃料油添加剤	49
4. 潤 滑 油 性 能	51
第2編 超粗悪燃料油使用のための実験研究	53
第1章 燃料油の性状と来歴	53
第2章 遠 心 清 浄	59
1. 遠心清浄機の分離性能	59
2. 正常な遠心分離の確保	60
3. 清浄機排出スラッジの処理	63
第3章 燃料油の熱安定性	88
1. ま え が き	88
2. 試 験 結 果	88
3. 考 案	88
第4章 燃料油の加熱特性	89
1. タンク内における加熱特性	89

2. 配管内における加熱特性	92
第5章 燃料油の流動特性	94
1. タンク内における流動特性	94
2. 配管内における流動特性	98
第6章 アスファルテン等スラッジの析出	100
1. ま え が き	100
2. 実験装置及び方法	100
3. 実 験 結 果	102
4. 考 案	109
第7章 スチームトレーシング	110
1. ま え が き	110
2. 実験装置及び実験方法	110
3. 実 験 結 果	110
4. 考 案	114
第8章 バンカー重油の安定性試験	116
1. ま え が き	116
2. 試験法の選択	116
3. 照合試験用試料と試験法	117
4. 照合試験結果	117
5. ま と め	119
第3編 超粗悪燃料油に対する船内燃料関連機器及びディーゼル機関の要求仕様並びに総合対策	120
第1章 船内設備計画・設計の指針	120
1. 高 粘 度 対 策	120
2. 高 密 度 対 策	120
3. 低引火点対策	120
4. 高流動点対策	120
5. 高スラッジ濃度対策	120
6. FCC触媒対策	121
7. そ の 他	121
第2章 ISO-RM55H 使用を前提とした船内燃料油関連システムの構成計画と機器の要求仕様	122
1. 燃料油貯蔵及び移送システム	122
2. 燃料油前処理及びサービスシステム	125
3. スラッジ及びビルジ処理システム	130
4. 配 管 そ の 他	134
5. 潤滑油システム	134
6. ディーゼル機関	138
第3章 プラント運転・取扱い上の注意事項	139
1. 燃料油補給について	139
2. 燃料油の移送について	139

3. 既存船に低質燃料油を補油した場合の応急処置	139
第4編 外航大型船における超粗悪燃料油実船実験方案	142
1. ま え が き	142
2. 研 究 の 目 標	142
3. 研 究 組 織	142
4. 実 験 船 の 選 定	142
5. 実験船の安全のために装備する特殊機器	142
6. 研 究 期 間	143
7. 研 究 内 容	143
8. 研究を推進する上での二、三の提案	143
付録Ⅰ 超粗悪燃料油とその使用に関する資料・文献の一覧表(57年度分)	149
付録Ⅱ 超粗悪燃料油対策として提唱されている燃料油処理システムの紹介	151
1. デ カ ン タ ー	151
2. ホモジナイザー	152
3. 吸着式燃料油こし器	153

ま え が き

船用燃料は世界の石油事情から見て、原油の重質化、石油製品需要の軽質化、並びに石油精製法の変化等に伴って急速に高粘度化、粗悪化する傾向にある。特に燃料補給を国内のみならず国外でも行うことの多い外航大型船においては、接触流動分解残渣油(FCCスラリー)及び熱分解残渣油を基材とした劣悪な性状の燃料油の使用を余儀なくされ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、タンク等を含む燃料油システムに重大な影響を及ぼすものと考えられるので、技術的及び経済的な観点から最も効果的な超粗悪燃料油使用対策を確立することは船舶の経済運航上欠くことのできない要件であって、このため本調査研究が関連業界、関連団体より要請され、実施されることとなった。本調査研究は運輸省船舶局の低質船用燃料油対策の一環として、その指導調整のもとに関係会員の総力を結集し、海運業界、石油業界、船級協会、関係官庁の協力を得て日本造船研究協会第185研究部会を設置し、委員会及び2つの分科会を構成し、日本船舶振興会補助事業として、昭和55年度より3ヶ年計画で実施した。その内容は大きく分けて調査研究と実験研究の二部門に分かれ、それらを総括して超粗悪燃料油システムの総合的な対策を作成した。その概要は次のとおりである。

1. 超粗悪燃料油対策の調査

- (1) 外航大型船(日本船)における燃料油性状と燃料油に起因すると思われる障害に関し日本船主協会加盟会社に対し広くアンケート調査を行い、その結果を解析検討した。(昭和55, 56, 57年度)
- (2) 超粗悪燃料油とその対策に関する資料・文献調査及び輸出大型船における燃料油に起因する障害事例とその対策に関する調査を行い、これらの調査結果及び前記(1)項の成果ならびに後記の実験研究成果を検討の上、超粗悪燃料油に対する船内燃料関連機器及びディーゼル機関の要求仕様を作成とりまとめた。(昭和55, 56, 57年度)

2. 超粗悪燃料油使用のための実験研究

- (1) 燃料油の清浄に関する実験研究
実験用小型遠心清浄機を用いて燃料油中の触媒粒子の除去に関する実験、及び分離スラッジの挙動と清浄性能に及ぼす影響に関する実験を行い、遠心清浄機の超粗悪油に対する性能を解明した。(昭和55, 56, 57年度)
- (2) タンク内・配管内の加熱特性及び流動特性に関する実験研究
模型タンク・模型配管実験装置を用いて、タンク内、配管内の加熱特性及び流動特性に関する実験を行い、超粗悪燃料油用タンク、配管系設計のための基礎資料を得た。(昭和55, 56, 57年度)
- (3) 燃料油の親和性、安定性に関する実験
燃料油の親和性、安定性に関し、比較的良く用いられる試験法を選定し、照合試験を行い、その精度と問題点を調査した。この実験は石油連盟に依頼し実施した。(昭和56, 57年度)

3. 実船実験方案の作成

本調査研究の成果による燃料油システムを外航大型船に応用し、実船試験による実用性の確認を行う場合に備えてその試験方案を作成した。(昭和57年度)

第1編 超粗悪燃料油使用に対する問題点の調査

第1章 船用重油重質化の背景と動向

1. まえがき

本章は、船用重油重質化の背景と動向を明らかにし、その動向によって、ディーゼルエンジン、燃料系統、燃料処理装置が新たに直面する問題点を述べる。

尚、本章で述べる船用重油は、マリン・フューエル・オイル(C重油)を指し、その対象はディーゼル船のみとした。また、本章中の石油製品統計資料相互間には、各出典のデータのまとめ方の相違により、若干の数字の差異が見られるが、これ等の数字は、絶対値として捉えず、概数または傾向として把握して載きたい。

2. 重油の需要動向

1980年の共産圏を除く重油需要量は、約6億4千万トンと推定され、全石油製品(原油)需要量の約30%を占める。この重油需要量の中、約5億4千万トンは陸上用、残りの1億トンが船舶用と推定する。¹⁾この船舶向け重油の60%は従来からの大手バンカー重油供給者が、残りの40%は、1970年代より出現した新規バンカー重油供給者(ブローカー、独立系石油会社、商社、国営石油会社)が納入している。²⁾

各国の重油消費量および全石油製品消費量に対する重油消費量率(以下重油比)を表1.1.1に示す。重油比は、国により大きく異なり、その大小が船用重油(C重油)の品質に影響をもたらす一要因である。重油比は、下記の背景によって、今後も図1.1.1及び図1.1.2に示すように、漸減傾向を辿る。

(1) 重油は、代替エネルギーへの置換が容易なため、従来、重油を使用していた発電所等がLNG、石炭、原子力に転換し、重油の絶対需要量が低減する。

(2) 自動車ガソリン、ジェット燃料、自動車用軽油は、重油と異なり代替エネルギーが存在せず、その重要量は、現在やゝ低下しているものゝ長期的には、微増すると予測されている。その結果、重油比は相対的に低下する。

他方入手可能な原油は、下記の要因によって、重質化傾向を示す。その具体的推測例を表1.1.2及び表1.1.3に示す。

(1) 産油国における軽質原油温存策および産油国内精製への軽質原油優先的供給のため、産油国の輸出原油は重質化する。

(2) サウジアラビアにおける現在の軽質/中重質原油の生産比率65/35は、今後50/50程度になると見込まれている。

(3) 政治的要因による産油国の生産量の変動や供給途絶等により、一時的に重質化を引き起こす可能性がある。

図1.1.2に示すように、重油比が減少する中で、原油重質化が進行する環境下では、図1.1.1に示したように石油精製を常圧蒸留装置のみに依存すると、重油供給量が需要量を越え、需給ギャップが発生し、その対策が必要とされる。

その対策は、ガソリン/中間留分(灯油、ジェット燃料、軽油、A重油)需要構成比率によって異なる。

3. 重油基材と製造方法

各種石油製品は、連産品であるため、重油の需給ギャップ均衡化対策は、多くの要因に影響されるが、その対応策として下記のような方法がある。

(1) 最も単純な方法として、重油の粘度を低減させる目的で加える希釈材(中間留分)の量の減少を図る。この結果、重油の需給ギャップ縮小は達成されるが、重油の粘度が増加する欠点がある。

(2) (1)によって、重油粘度が過度に上昇し、実用に供し得なくなった場合には、ビスブレーカー(熱分解装置)にかけ、

粘度低減を図る。更に、ビスブレーカーより産出する軽質油(主として中間留分)は各石油製品需給均衡化に役立つ。

(3) 重油の需給バランスを取る中で、ガソリンの需要量と要求オクタン価を満足させる必要上、接触分解装置(FCCU)によって、ガソリン基材の得率増加を図る。こゝで接触分解装置より産出するライト/ヘビーサイクルオイルやスラリーオイルは重油基材としても使用されるが、必ずしも船用重油に使用されるとは限らない。

このように、石油製品需給ギャップを満足させる目的で、(1)接触分解装置、(2)ビスブレーカーが必要となるが、これ等2種の装置は、船用重油の品質や特徴に影響を与えるので、これら2装置に関してもう少し詳細に述べる。

これらの装置は、全製油所に設備されていないが、両装置が同時に存在する製油所(全世界の製油所の5%が両装置を同時に保有。)と重油製造工程をそれぞれ図1.1.3及び図1.1.4に示す。船用重油は、図1.1.4に示すように、常圧蒸留残渣油、減圧蒸留残渣油やビスブローケン残渣油等の残渣油に、希釈材として、軽油、ビスブローケン軽油、ライト/ヘビーサイクルオイル、スラリーオイル等を加えて製造される。

船用重油の品質に影響を与える基材の種類と混合割合は、(1)使用原油、(2)製油所の所有装置、(3)各石油製品の需要構造、(4)一時的需給のアンバランス、(5)商品価格構成、(6)製油所装置の定検・定修や需要低減による特定装置の運休、(7)重油規格によって異なり千差万別である。同一製油所に於いても同一基材同一混合割合で継続して製造することは困難であり、極めて流動的である。尚、我が国の船用重油は、現時点のところ、常圧蒸留残渣油に軽油を加えて製造される場合が多い。通常船用重油は、陸上用C重油の中で、硫黄分に制限のない重油と同一商品であるが、需要家の要望によっては、陸上用C重油より更に高粘度の重油を製油所より直接本船に配送するときがある。

4. 石油精製装置

石油精製装置には、常圧蒸留、減圧蒸留、接触分解、接触改質、直接/間接脱硫、サーマルクラッカー、ビスブレーカー、コーカー、水素化分解等の多種多様の装置があるが、こゝでは、接触分解とビスブレーカーの2装置に関して述べる。

4.1 接触分解装置

最初の接触分解装置は、1936年に米国で、我が国では、1954年に建設された。その後、この装置は、ガソリンの需要構成比や要求オクタン価の上昇に伴って増加し、現在では、共産圏を除く全世界の製油所の42%、我が国では43%が保有している。^{3) 4)}

この装置の目的は、減圧軽油のような比較的高沸点炭化水素をガソリン基材に適するように高オクタン価の低沸点炭化水素に分解し、ガソリンの得率を増加させることにある。従って、ガソリン需要構成比率の高いアメリカ、カナダ、オーストラリアで、多く稼働している。

この分解プロセスは、流動する触媒存在下で、温度約500℃、圧力は常圧(装置型式により若干異なる。)で、行なわれる。触媒は表1.1.4に示すように4種類ある。この触媒のアルミニウム対シリコン比は触媒の種類によって異なり1対約0.6~2の範囲にある。未使用の触媒は、表1.1.5に示す粒子分布(一例)を呈し、粒子密度は、各種触媒とも約1.6mg/mlである。この触媒は、大部分セッティング又はハイドロサイクロンによって、分離除去されるが、極く微量がスラリーオイル中に残留する。この残留触媒の多くは、製油過程で触媒自身の相互接触によって、摩耗した微粒子と推定する。このような背景で、スラリーオイルを含有する船用重油は、0.2~20ミクロン(多くは1ミクロン以下)の粒径の触媒粒子を極く微量(通常120mg/kg、—120ppm)含有する。¹⁾

この程度の残留触媒粒子を含む重油は、ディーゼルエンジンに異常摩耗を発生させないとの報告もある。¹⁾ 然し、不幸にして製油所の触媒回収装置が正常に運転されないときには、過多(200mg/kg—200ppm)又は多数の粗大粒径(10ミクロン以上)の触媒粒子がスラリーオイルを介して重油中に混入し¹⁾、ディーゼルエンジンの燃料ポンプ、燃料弁、ピストンリングやシリンダライナに過大摩耗を発生させる。この異常摩耗は、過去に報告された、ディーゼルエンジン障害例の中で、今後解決を要する重要な検討課題の一つである。

このような触媒粒子の研摩作用によるディーゼルエンジンの異常摩耗防止のため、世界的に触媒自身も次のような改善が施されている。

(1) 従来、楕円形や凹凸状の触媒粒子表面を円滑な球状に改良することにより、製油所装置内で触媒粒子相互の研磨によって発生する極小微粒子の量を減少させる。その結果、スラリーオイル中の残留触媒粒子の分離除去が容易になる。(写真 1.1.1)

(2) 未使用の触媒粒子は表 1.1.5 に示すような粒径分布を呈しているが、粒径の小さい触媒粒子割合を減少させることによって、残留触媒の分離除去を容易にする。

(例えば、40ミクロン以下の粒径分布を従来の18%より12%に減少させた。)

この触媒微粒子に原因する異常摩耗の外、接触分解装置より産出するライト／ヘビーサイクルオイルやスラリーオイルは、表 1.1.6 に示すように多量の芳香族系炭化水素を含有するため、後述(8頁、600着火性の項参照)の悪影響を発生させる。

4.2 ビスブレーカー

ビスブレーカーは、我が国では、現在稼動していないが、海外では、1934年に実用化されて以来、接触分解装置と同様古くから使用されている。現在、共産圏を除く全製油所の9%がこの装置を保有している。このビスブレーカーの目的は、高粘度の減圧残渣油を12~25kg/cdの圧力下で480℃程度に加熱して分解することによって中間留分の得率を増加させることにある。従って、この装置は、中間留分需要構成比が比較的高い西欧諸国に多く設備されている。

然し、ビスブレーキングは、中間留分得率を上げる利点がある反面、過去経験した船内障害例の中で対策に苦慮したアスファルテンスラッジ発生に関与している。

このアスファルテンスラッジの発生機構について述べると、残渣油は、通常液状の炭化水素の分散媒中にアスファルテンが分散質(分散相)として解膠している。(図 1.1.5)このアスファルテンの凝集沈殿を妨げ、解膠させるために、分散媒は、溶解力のある芳香族性(aromaticity)をあるレベル以上有している必要がある。すなわち、分散媒の芳香族性(available aromaticity)は、分散質を解膠させるに要する芳香族性(required aromaticity)より大でなければならない。殆んど減圧蒸留残渣油中の分散媒の芳香族性は十分に存在し、アスファルテンスラッジを発生させることはない。然し、減圧蒸留残渣油をビスブレーカーにかけると分散媒の芳香族性レベルは変化しないのに反して、分散質のアスファルテンが変化して分散媒に対してより大きな芳香族性を要求する様になる。すなわち、ビスブレーカーにかけると、分散媒のアスファルテン解膠能力(peptizing power)の余裕度が減少する。従って、アスファルテン解膠能力余裕度が十分でない重油に、溶解力の劣るパラフィン系炭化水素を比較的多量に含有する軽油やマリンディーゼル燃油(A重油)を混合すると、分散媒の芳香族性(available aromaticity)が不足して、アスファルテンが凝集し沈殿する。このようなアスファルテン解膠能力余裕度が十分でない残渣油に対して、スラリーオイルやライト／ヘビーサイクルオイルは、アスファルテンスラッジ発生防止に適した重油基材である。

重質重油と軽質油とを混合した場合のアスファルテンスラッジ生成機構は、上述の通りであるが、過去報告された単一ロットまたは複数ロットの重質重油を混合した場合のスラッジ発生機構は、(1)加熱による粘度低下に伴ってアスファルテンミセルが解離し沈殿する。(2)貯蔵中の過加熱によって、アスファルテンの炭素化が進行し、これを解膠する為必要とする分散媒の芳香族性はより高いレベルを要求されるのでこれに不足をきたし、アスファルテンが凝集し沈殿するのいずれかと推定する。然し、このようなアスファルテンスラッジは、分散媒の芳香族性の余裕度が適切であれば防止可能である。

常圧／減圧蒸留残渣油をビスブレーカーにかけるとビスブローケン残渣油のアスファルテンが表 1.1.7 に示すように著しく増加する。また密度も増加するが、その増加度合は、接触分解程顕著ではない。

まとめとして、接触分解およびビスブレーカーの2装置より産出する重油基材及び各種炭化水素の特徴比較を表 1.

1.8, 1.1.9及び1.1.10に示す。

4.3 接触分解装置とビスブレーカー動向

各地域の1975年より1985年の間の常圧蒸留装置能力に対する接触分解装置／ビスブレーカー能力比の推移を図1.1.6に示す。

これによると、各地域によって両装置能力比に増減はあるものゝ、世界的には両装置能力比率は微増傾向を示している。

1985年以降のこの両装置能力比は、将来のガソリン／中間留分需要構成の見通しにより影響される。図1.1.2に示すように、アメリカでは、ガソリン留分比率が僅か減少傾向を示しているのに対して、中間留分比率が増加している。他方、欧州諸国に於ける需要構成比率は各国に差が見られるものゝ、中間留分比より、ガソリン留分比の伸長が見られる。このような需要構成比の見通しから、アメリカでは、ビスブレーカー比率の若干の増加と、欧州では、接触分解装置比率の僅かな増加が推定される。

次に12ヶ国の常圧蒸留装置能力に対する両装置能力比率を表1.1.11に示す。この比率増加が船用重油の品質に微かな影響をおよぼすと考えられる。更に、この両装置の船用重油品質に与える具体的影響度を計量化すべく表1.1.12に記載した仮定の下に重油生産能力に対するスラリーオイル量比、ライト／ヘビーサイクルオイル量比およびビスブローケン残渣油量比を推算し、それを表1.1.12に示す。この仮定の下では、11ヶ国の中で、接触分解やビスブローケン油の影響を受け易いのは、重油中にこれ等の混入割合が57%と最も多いアメリカであり、最も影響の少ないのは、スペインと日本でそれぞれ2%、6%である。

5. 船用重油の性状

船用重油の品質に影響を与えると言われた2種の製造設備に関して述べたが、実際の船用重油の性状や品質は、これ等の製造設備の他に前に述べた多くの要素の総合的影響を受ける上、これ等の要素は流動的に変化する。従って、同一港でも船用重油の性状や品質は変動する。

参考まで1982年4月から9月までの6ヶ月間の世界の27港で供給された船用重油の一般性状をまとめて表1.1.13に示す。これより実際に供給されている多くの重油は、ISO規格案の略々½であり良質であることが判明している。

6. 船用重油の各性状動向

船用重油は、前述の背景によって性状や特徴に影響を受ける。この項では更に具体的に重油各性状の動向と船用ディーゼルエンジン燃料系統が直面する問題点に関して述べる。

(1) 粘 度

粘度は、通常50℃に於ける動粘度(cSt, mm²/s)で表示されるが、今後は、更に高温度(ISO案は100℃, BS案は80℃)で測定される。

粘度測定温度に関連して、重質重油の粘度測定の精度は、現粘度測定法の精度を著しく越えるため、精度規定の変更又は新粘度測定法の制定が必要とされる。

粘度は、前述の背景により、今後増加傾向を示し現在でも表1.1.13に示すように、西欧や南北アメリカでは400 cSt @50℃の重油が供給される場合があり、将来は600 cSt @50℃までも増加する可能性がある。

600 cSt @50℃の重油を噴霧最適粘度にするためには、主機入口部にて約150℃まで加熱可能な加熱器能力が必要とされる。(図1.1.7)

最近の重油は、従来の粘度－温度線図(図1.1.8)を若干外れる場合が散見されるが、その差は、通常±7%以内である。

参考まで、粘度－温度変化の最大／最小例および実測粘度と外挿した場合の粘度差の例をそれぞれ表1.1.14、図

1.1.9に示す。

温度による粘度変化の外、剪断速度の増加に伴って粘度が低下する重油が多い(表 1.1.15)。

将来は、より高温で粘度が測定されるため、噴霧直前の重油粘度は、従来より噴霧適正粘度に近似すると推定されるが、粘度-温度変化がリニアーでない場合やニュートン流体でない場合を考慮して、今後の船舶には、自動的に粘度を感知し加熱温度を自動調節する自動粘度調節器の設備が必須となろう。

船用重油の粘度増加に伴ない、重油貯蔵中の加熱温度上昇が考えられるが、高粘度油にも灯油に近い軽質油が希釈材として使用される場合があり得る。このような重油は船舶タンク内での加熱貯蔵中に希釈材の蒸発により予期した以上の高粘度を示したり、またタンクベントパイプより軽質油蒸発や凝結が見られる可能性もあり、その対策を講じる必要がある。

過去の実績によると、高粘度船用重油の供給頻度が高い港は、Houston, Hamburg, Curacao, Marseille, Le Havreである。

(2) 密度

密度は、前述の背景によって、高くなりつつある。現時点では、遠心式油清浄機による水分離可能な15℃の密度は0.991 kg/ℓ(新ASTM比重換算)以下と言われている。今後とも石油会社は、ディーゼル船に密度0.991 kg/ℓ以下の重油の供給が可能であろうが、密度制限のない重油との価格差が船主にとって魅力的な場合は、この密度制限のない重油をディーゼル船に使用する要望が強くなると推察する。この場合には、15℃の密度が0.991 kg/ℓを越え1.03 kg/ℓ程度以下の水分離法の確立が要求される。

その他、密度と粘度の増加に伴なって、セッティングタンク容量の検討も必要と考える。

参考まで、重油、清水、海水の密度-温度線図を図 1.1.10に示す。

過去の経験によると、高比重の船用重油が供給されるのは、Rotterdam, Curacao, Houston, Los Angeles, Durban, Singapore, Le Havre, Marseille, Teeside, Hamburgの諸港である。

(3) 引火点

引火点は、船舶の安全確保のため規定されている。その値は、重油中の希釈材の量と軽質割合に影響を受け、高粘度、高比重重油が必ずしも引火点が高いとは限らない。

引火点は、通常60℃以上に規定されて、今後ともこの値は変化しない。

(4) 蒸気圧

船用重油は、重質化傾向にあるが、前述のように灯油に近い軽質油が希釈材として混合されることがありえる。参考まで、灯油、重油の蒸気圧の一例を図 1.1.11に示す。

後述するが、ある種のアスファルテンは、乳化作用があるため、水分が混入した場合、蒸気圧に影響を与える。このような背景によって給油ポンプ圧力増加等の検討が必要とされよう。

(5) 流動点

流動点は、分解装置比率の増加に伴なって低下傾向を示すが、使用原油の種類によっては、今後とも高流動点の船用重油が供給される場合がある。

流動点は貯蔵温度に影響を与える。貯蔵温度はワックススラッジ生成防止のため、流動点より15℃高い温度に設定する。一般的に殆どどの重油は、加熱温度が40℃であれば、ワックススラッジを発生することはない。

過去の経験により、流動点が30℃前後の船用重油が供給される可能性のある国は、Singapore, Australia, New Zealand, Nigeria, Libya, Egypt等である。

(6) 硫黄分

硫黄分は、重油比の減少や高硫黄含有重質原油の増加に伴って若干増加傾向を示すものの急増しないと推定する。硫黄分の将来の最高値は、後述のISO規格案の5%(wt)を十分満足すると考える。

然し、高硫黄分の重油でなくとも、シリンダーライナー表面温度が硫酸の露点(図 1. 1.12)以下に達すると、過大腐食摩耗が発生するため、常にシリンダーライナー上下にわたって硫酸の露点以上に保つ必要がある。

過去の経験により、高硫黄分重油の供給頻度が高いのは、Singapore, Le Havre, Marseilleである。

(7) 残留炭素分(CCR)

残留炭素分とは、ある規定条件下で、空気に接触させない状態で加熱して、気化した炭化水素を燃焼させ、燃焼完了後、残留した炭化物質と金属分を%(wt)で表わした値である。

残留炭素分の増加は、C/Hの増加を意味し後述のアスファルテンの増加と同様の影響が考えられる。現在、残留炭素分は、多くて、15%(wt)であるが、将来更に高粘度化の進行とビスブローケン残渣油の混入量増加に伴って場所によっては、20%前後の船用重油が供給されることが考えられる。

過去の実績により残留炭素分が15%(wt)に近い船用重油が現在供給される可能性のある港は、Rotterdam, Curacao, Durban, Marseille, Teeside, Singapore等である。

(8) アスファルテン

残渣油をビスブレーカーにかけると前述のようにアスファルテンは著しく増加する。増加原因は、残渣油中の芳香族系炭化水素が、熱分解によって分解重合を受けC/Hがより高いアスファルテンに移行することによる。アスファルテンとは、ノルマルヘプタンに不溶でトルエンに可溶な炭化水素を指し、一定な組織ではない。分子量は、5,000 から 40,000 の範囲にあり、C/Hは、常圧蒸留残渣油の場合約10、熱分解残渣油では約15である。

アスファルテンは、難燃性であるため、それを多量に含有する重油をディーゼルエンジンで燃焼させると、燃焼時間が遅延し、そのため、シリンダーライナー表面潤滑油膜の蒸発や焼損による異常摩耗や、未燃カーボン堆積によるピストンや吸排気系統の汚損増大が予測され、検討課題の一つと言える。また、重油は、貯蔵温度が高い(約60℃以上)と、アスファルテンが増加するため、不必要な高温での長時間貯蔵は好ましくない。

アスファルテン分は、残留炭素分の約20～65%の範囲にある。このアスファルテンは、過度に加熱するとカーベン(トルエンに不溶で、四塩化炭素に可溶)、カーボイド(トルエンと四塩化炭素に不溶で二硫化炭素に可溶)、コークスの順序で炭素化が進行する。常圧蒸留残渣油中には、カーベン、カーボイドは殆んど存在しないが、ビスブローケン残渣油中には、ある程度含有している。

重油中のアスファルテン分は、多くの場合2～3%(wt)程度であるが、稀に10%前後の船用重油が供給される場合がある。

高アスファルテン分の供給頻度が多い地域はビスブローケン残渣油の混入比率が高いと推定される西欧諸国である。(表 1. 1.11, 1. 1.12)

(9) 安定性

重油の安定性不良の原因究明や防止対策検討のためには、安定性の種類や沈澱物質を明確にする必要がある。

重油の安定性には次の4種がある。

- (i) 貯蔵安定性 — 単一ロットの重油が温度変化や時間経過に伴って、沈澱物を発生させる。
- (ii) 混合安定性 — 複数のロットの重油又は軽質油との混合によって沈澱物を発生する。
- (iii) 水分との混合安定性 — 水分の混入によって沈澱物を形成する。
- (iv) 熱安定性 — 加熱により、重油の酸化劣化やアスファルテンの変化によって、加熱器表面のような高温部分に炭素状の堆積物を生成する。

沈澱物には次の4種類が考えられる。

- (i) アスファルテンや炭素状粒子。
- (ii) アスファルテンと水分を主体とするウェットスラッジ。
- (iii) ワックスを主体とし水分やタンクスケールを含有するスラッジ。

(Ⅳ) 繊維やパッキン類や錆等の有機／無機質のスラッジ。

通常、重油の安定性とは、アスファルテンや炭素状粒子の不可逆性沈澱物生成に関する貯蔵安定性や混合安定性を指す。

ビスブレーキングを苛酷に行うと上記の安定性が阻害されるため、実用上問題を発生させないマイルドなレベルに止められていると共に、希釈材や混合割合の選定も十分な品質管理の下に行われている。従って、将来、安定性不良のトラブルは減少することはあっても増加することはないと考える。

然し、パラフィン系炭化水素を多量に含有するマリンディーゼルフェューエル(A重油)等の軽質油との混合安定性は問題を発生する場合があります。

アスファルテン分の増加は、重油の安定性不良の直接的原因とはならないが、ある種のカルボキシル基を有するアスファルテンが乳化安定剤として働くため、水の混入と攪拌によって多量のウェットスラッジを発生させる場合がある。事実、過去のアスファルテンスラッジの異常発生原因の殆んどは、水分との混合安定性不良ではなく、水分混入によるウェットスラッジであった。これより、アスファルテンを多量に含有する重油は、水分混入を防止すると共に重油取扱い中の攪拌度合を最小限に止める必要がある。

重油中のアスファルテンが加熱器表面で分解温度に達すると、アスファルテンが更に変化し堆積物を生成し易くなる。分解温度は重油の組成、温度と時間に関係するが、一般的に加熱表面が200/230℃に達すると分解を開始する。

過去の実績より安定性不良が発生する可能性のある港は、MarseilleとTeesideである。

(Ⅳ) 着火性

着火性の測定法は、(i)CFRエンジンによるセタン価の実測。(ii)セタン指数。(iii)ディーゼル指数。の3種類あるが、CFRエンジンでは重油のセタン価実測は出来ない。第2のセタン指数は、重油であるため、50%留出温度が適用出来ないため算出できない。最後のディーゼル指数もアニリン点をIP 2 Method Bによって、重油も測定可能であるが、重油によっては試験精度が著しく劣るため実用上適用出来ない。

このような背景によって、重油の着火性の実用的評価法が現在検討されている。

定性的判断法としては、粘度に比較して高密度の重油は、芳香族性が高く、着火性が劣ると考えられる。

低着火性の重油を使用すると、黒煙発生、ディーゼルノックや輻射熱の増大による潤滑障害発生の可能性が考えられ、今後の検討課題の一つと言えよう。

着火性の今後の推移は、重油比の減少と接触分解装置能力比率の増加に伴って低下傾向を示す。

高芳香族性のライト／ヘビーサイクルオイルやスラリーオイル含有量が多いと推定されるアメリカ、カナダ、オーストラリア、南アフリカでは低着火性の重油が供給される可能性が高い(表 1.1.11, 1.1.12)。

(Ⅳ) 触媒微粒子の混入

前述の背景によって、重油中にディーゼルエンジンに過大摩耗を発生させるに十分な触媒微粒子混入の可能性がある。そのためISOやBS規格案では、アルミニウム含有量を30 ppm (アルミナ含有率28%, 40%, 60%の触媒粒子の場合はそれぞれ約200 ppm, 140 ppm, 95 ppmに相当)以下に規定している。

この触媒微粒子は、遠心分離機の容量や台数、通油率、調節板の選定によって、捕捉効率に著しく影響を受ける。⁵⁾これ等の条件が適切であれば触媒微粒子はかなりの程度まで分離除去できると言われている。⁶⁾

今後、重油中の触媒微粒子含有量は急増しないが、重油比の減少と接触分解装置能力比率の微増によって、増加傾向を示すと言える。これより効果的な触媒微粒子分離除去法の確立とそれを船舶機関士に周知徹底させることが必要である。

過去の実績より、触媒微粒子を多量に含有する重油が供給される可能性のある港はHoustonである。

(12) バナジウム

バナジウムは、原油の種類に関係しており、ベネズエラ産原油に多量含まれている。

今後、ベネズエラ産原油の生産量は、急増しないであろうから、バナジウム含有量の高い重油が現在以上に多量に供給されることはないと考える。ベネズエラ産原油使用の重油は通常 300～400 ppm のバナジウムを含有するが例外的に 600 ppm になる場合もある。その他の重油のバナジウム含有量は、50～150 ppm で 200 ppm を越すことは稀である。⁷⁾

ベネズエラ原油が供給される可能性のある地域は、カリブ海、ラテンアメリカ、及び北米東岸である。

この項のまとめとして、代表的中東重質原油のアラビアンヘビーと高バナジウム含有のベネズエラ原油について、異なる製造装置と粘度毎に、密度、硫黄分、残留炭素分、バナジウム分に与える影響を図 1.1.13 に示す。

7. 船用重油規格動向と将来の性状予測

ISO, BSI, で船用重油規格制定の動きがある。表 1.1.16 及び 1.1.17 にこれらの 1982 年 11 月 5 日時点の規格案を示す。BSI は本年中に制定される予定であるが、ISO は 1～2 年を要すると推定する。

多くの重油は、将来ともこれらの規格値をはるかに下まわる。然し中には規格中の 1～2 項目について規格許容値に近い値を示す場合があるが、将来の如何なる重油もこの規格の全項目に対して最大値を示すことはあり得ない。

船用重油の性状は、前述のように多数の要因に影響を受け、その多くは、流動的に変化し具体的な将来の性状予測をすることは困難である。

然し船用重油の品質に影響を与える諸要素の変化は、前述の図 1.1.1 や図 1.1.6 から急激ではなく、緩慢である。従って、船用重油の品質に原因するトラブルが今後更に急増することは考えられない。

参 考 文 献

- 1) H. C. A. Brandt, et al, Trends in Quality of Residual Fuels for Marine Diesel Engines, ASME Meeting March 7—11, 1982.
- 2) M. グラハム他 2 名, 将来の船用燃料油についての展望, 日本船用機関学会誌, 17, 9 (1982),
- 3) Oil Gas Journal, 79, 52 (1981), 149—193
- 4) Oil Gas Journal, 80, 12 (1982), 132—154
- 5) MER, Aug, 1982, 8.
- 6) M. R. Vincent, et al, Review of Shipboard Fuel Oil Treatment, Trans, I. Mar. E (C) 1981 Vol. 93 Paper C 80
- 7) P. J. Newbery, Trans, I. Mar. E. Vol 92 Conf. No 5 Paper C 44.

表 1.1.1 各国の石油製品消費量／比率(1981)

		LPG	ナフサ	ガソリン	灯油	軽油	重油	その他	合計
アメリカ	10 ⁶ トン	6.1	14.8	281.3	54.5	128.9	88.3	62.7	636.6
	%	0.9	2.3	44.3	8.6	20.2	13.9	9.8	100
カナダ	10 ⁶ トン	0.2	2.7	30.3	2.6	23.6	12.6	5.7	77.7
	%	0.3	3.5	39.0	3.3	30.4	16.2	7.3	100
ベルギー	10 ⁶ トン	0.5	1.0	2.8	0.4	7.7	5.3	1.1	18.8
	%	2.7	5.3	14.9	2.1	41.0	28.2	5.8	100
イギリス	10 ⁶ トン	1.0	3.7	18.8	6.3	16.7	15.6	3.4	65.5
	%	1.5	5.6	28.7	9.6	25.5	23.8	5.3	100
フランス	10 ⁶ トン	3.4	5.2	17.0	2.4	35.8	18.5	4.9	87.2
	%	3.9	6.0	19.5	2.8	41.1	21.2	5.5	100
西ドイツ	10 ⁶ トン	2.1	10.6	23.6	2.5	50.2	16.6	6.1	111.7
	%	1.9	9.5	21.1	2.2	44.9	14.9	5.5	100
イタリア	10 ⁶ トン	2.4	4.9	12.4	2.3	23.5	36.9	3.8	86.2
	%	2.8	5.7	14.4	2.7	27.3	42.8	4.3	100
オランダ	10 ⁶ トン	3.2	0.8	4.7	1.0	3.4	7.1	5.0	25.2
	%	12.7	3.2	18.7	4.0	13.5	28.2	19.7	100
スペイン	10 ⁶ トン	2.4	1.7	5.5	1.9	9.9	19.0	4.5	44.9
	%	5.3	3.8	12.4	4.2	22.0	42.3	10.0	100
オーストラリア	10 ⁶ トン	0.5	0.1	11.1	2.1	6.7	3.8	1.9	26.2
	%	1.9	0.4	42.4	8.0	25.6	14.5	7.2	100
日本	10 ⁶ トン	18.1	18.6	26.1	24.3	36.1	63.7	23.9	210.8
	%	8.6	8.8	12.4	11.5	17.1	30.3	11.3	100

出典：OECD, Quarterly Oil Statistics (1982, No.2)

表 1.1.2 原油重質化の見通し

国名	内 容
フランス	○ 北海原油があるので相殺され、APIは若干軽くなるだろう。S分は同じ程度に推移するだろう。(CFP)
西ドイツ	○ 現在、アフリカ35%、北海25%と軽質油が50%以上となっている(36°API) 今後は若干重くなるだろう。(経済省) ○ 今後5年間は変わらないが、次の5年間は若干重くなるだろう。一部、低API、高S分原油等の処理への対応が将来必要となろう。(VEBA)
イタリア	○ 79年以降33.1~33.5°APIとほぼ同じレベルで推移した。82年は32.8°APIと若干重質化を予測している。(ENI)
E C	○ 79~85年はほぼ横ばい(33.6~33.7°API)だが、次の5年間で0.5°API重くなる。(IEAスタディー)
米 国	○ 78年33.8°API、85年33.0°API、90年32.2°APIと重質化する。 (NRC調査、1979.12月) ○ 79年34.4°API、85年32.6°API、90年31.6°APIと重質化する。 (IEAスタディー)

(出典：産油国の下流部門への進出状況と先進諸国の重質油対策、1982.6.30、

日本エネルギー経済研究所)

表 1.1.3 昭和65年度のわが国のタイプ別原油アベイラビリティ

(単位: 千バレル/日%)

原油タイプ	5 3		5 4		6 5	
		構成比		構成比		構成比
中 東 軽 質	2,267	49.6	2,164	46.4	1,997	42.7
中 東 重 質	942	20.6	963	20.6	1,035~1,635	35.0
中 東 超 重 質	372	8.1	446	9.6	535	11.4
ア ジ ア 軽 質	325	7.1	364	7.8	130	2.8
ア ジ ア 重 質	666	14.6	727	15.6	280	6.0
メ キ シ コ	-		-		100	2.1
合 計	4,572	100.0	4,664	100.0	4,077~4,677	100.0

(注) 中東原油の区分は API 34° 以上軽質、30 ~ 34° 未満重質、30° 未満超重質 とした。

アジア原油にはアフリカを含み、軽質はアタカ、セリアタイプ 重質はミナス、大鹿タイプとした。

(出典: 中長期の輸送用燃料供給に関する調査研究報告書

— 通産省資源エネルギー庁委託調査 — 1982.3, 日本エネルギー経済研究所)

表 1.1.4 接触分解触媒の種類

種 類		アルミナ含有率 1 3 %	アルミナ含有率 2 8 %	アルミナ含有率 4 0 %	アルミナ含有率 6 0 %
アルミナ シリカ 重 量 比 (%)	Al ₂ O ₃	約 1 3 %	約 2 8 %	約 4 0 %	約 6 0 %
	SiO ₂	約 8 7 %	約 7 2 %	約 6 0 %	約 4 0 %
アルミニウム シリコン 重 量 比 (%)	Al	約 1 4 %	約 3 1 %	約 4 3 %	約 6 3 %
	Si	約 8 6 %	約 6 9 %	約 5 7 %	約 3 7 %
アルミニウム シリコン 重 量 比	Al	1	1	1	1
	Si	約 6	約 2	約 1.3	約 0.6
備 考		過去は多く使用されていたが、現在では、使用されていない。	現在僅かの製油所で使用されている。	米 国 以 外 で は、このタイプが使用されている。理由は、アルミナ含有量が增加する程、触媒の耐熱性、耐摩耗性が向上する。	主として、米国で使用。若干、日本にも輸入。米国で天然に産出するカオリナイトを原料として製造。天然産であるため Al : Si 比率はバラツキ大。

表 1.1.5 接触分解触媒粒子分布(一例)

	% 重量	
	未 使 用 (新 触 媒)	スラリー・オイル中 の触媒 (ハイドロサイクン前)
10 ミ ク ロ ン 未 満	—	2
20 ミ ク ロ ン 未 満	2	16
20/30 ミ ク ロ ン	4	50
30/40 ミ ク ロ ン	6	26
40/80 ミ ク ロ ン	49	6
80/105 ミ ク ロ ン	24	—
105/149 ミ ク ロ ン	13	—
平 均 粒 径, ミ ク ロ ン	70	—

表 1.1.6 各種重油原材料の性状の一例

	密 度 @ 15℃ Kg / m ³	粘 度 @ 50℃ mm ² / S	硫 黄 分 % m/m	残 留 炭 素 分 % m/m	セ タ ン 価	芳 香 族 性	
						全炭素原子に對する 芳香族の炭素原子の割合(%)	全水素原子に對する 芳香族の水素原子の割合(%)
灯 油	797	1.17	0.002	0	50	13	2.9
軽 油	847	2.73	0.87	0.01	49	16	4.1
常圧蒸留残さ油1	968	400	3.36	9.2	—	28	6.1
" 2	974	620	3.99	10.8		25	5.0
減圧蒸留残さ油	1021	130,000	5.64	19.9		34	6.4
ライト・サイクル・オイル (軽油混入)	907	2.5	1.73	0.02	38	42	13.3
ヘビー・サイクル・オイル + スラリー・オイル	1056	39.5	3.02	5.2	—	63	24.6
ビスブローケン軽油	880	2.76	1.73	0.06	42	29	6.5
ビスブローケン残さ油	1061	20,000	4.54	25.6		50	12.7
エクストラクト (潤滑油)	1000	198	5.37	1.4		35	9.3

表 1.1.7 アラビアンメディウム残渣油の性状例

		常圧残さ油	減圧残さ油	ビスブレーカー 残さ油
比 重	(60°F)	0.9719	0.9782	0.9973
粘 度	cSt (50°C)★	(330)	(590)	(490)
	(180°F)	64.6	98.8	86
	(240°F)	21.7	29.8	26.9
	(280°F)	12.9	17.6	14.8
残 留 炭 素	% wt	10.7	13.7	20.0
アスファルテン	% wt	4.0	4.9	10.7
ヘプタン不溶分	% wt	4.1	5.2	12.1
ペンタン不溶分	% wt	8.5	9.5	15.8
HFTスラッジ	% wt	0.05	0.05	0.15
灰 分	% wt	0.01	0.02	0.02

★推定値

表 1.1.8 接触分解装置とビスブレーカーの重油原料の特徴

装 置 名	重 油 原 材 料	特 徴	
		長 所	短 所
接 触 分 解 装 置 (FCCU)	ライト・サイクル・オイル ヘビィ・サイクル・オイル	貯蔵安定性と混合安定性が優れている。	◦着火性が劣る。 ◦粘度に比較して比重大。 ◦燃焼時の輻射熱大。
	スラリー・オイル	同 上	◦着火性が劣る。 ◦粘度に比較して比重大。 ◦燃焼時の輻射熱大。 ◦研磨性の触媒粒子が混入する場合がある。
ビスブレーカー	ビスブレーカー 残 さ 油	流動点が改善される。	◦貯蔵安定性や混合安定性が劣る場合がある。 ◦燃焼時間が長くなる可能性がある。 ◦熱安定性が劣る。

表 1.1.9 重油材料の炭化水素成分の特徴

重油 原材料	炭化水素成分量比較		
	芳香族系	オレフィン系	パラフィン系
ライト・サイクル オイル ヘビー・サイクル オイル スラリー・ オイル	高	低	低
ビスブローケン 軽油 ビスブローケン 残さ油	低	中	中

表 1.1.10 炭化水素のタイプによる特徴

炭化水素のタイプ	比重	単位容量当りの 発熱量	低流動 温性	着火性	黒煙発生日
芳香族	高	高	中	劣	高
オレフィン	低	低	優	劣	中
直鎖 パラフィン	低	低	劣	優	低
イソ パラフィン	低	低	優	劣	低
ナフテン	中	中	優	中	中

表 1.1.11 各国の石油精製能力(1982. 1. 1.現在)

国名	常圧蒸留装置能力 (原油処理能力) 10 ³ バレル/日(CD)	接触分解装置能力		ビスブレーカ-能力		接触分解装置+ビスブレーカ-能力	
		10 ³ バレル/日 (CD)	対原油 %	10 ³ バレル/日 (CD)	対原油 %	10 ³ バレル/日 (CD)	対原油 %
アメリカ	17,669	4,915*	27.8	210*	1.2	5,125	29.0
カナダ	2,096	462*	22.0	8*	0.4	470	22.4
ベルギー	1,035	91	8.8	43	4.2	134	13.0
イギリス	2,482	256	10.3	40	1.6	296	11.9
フランス	3,291	220	6.7	47	1.4	267	8.1
西ドイツ	2,937	191	6.5	144	4.9	335	11.4
イタリア	4,003	257	6.4	113	2.8	370	9.2
オランダ	1,708	111	6.5	97	5.7	208	12.2
スペイン	1,517	0	0	15	1.0	15	1.0
オーストラリア	742	165	22.2	0	0	165	22.2
日本	5,601	422	7.5	0	0	422	7.5
南アフリカ	424	83	19.6	67	15.8	150	35.4

★ : バレル/日 (SD) に 0.9 を乗じてバレル/日 (CD) とした。

(出典: Oil & Gas Journal, Dec. 28, 1981, Vol 79, No.52 Page 149/193.
但し、アメリカとカナダは May.22, 1982, Vol 80, No.12 Page 132/154.)

表 1.1.12 船用重油の品質に対するセカンダリープロセスの推定影響度(1982)

国名	(1) 推定 重油生産 能力 10 ³ バレル/日 (CD)	スラリー・オイル 〔触媒混入可能性度合〕 〔着火性不良度合〕		スラリー・オイル + ライト/ヘビー・サイクル・オイル 〔触媒混入可能性度合〕 〔着火性不良度合〕		ビスブロックン残さ油 〔貯蔵安定性不良度合〕 〔混合安定性不良度合〕 〔水分混入によるスラッジ 発生度合〕 〔燃焼性不良度合〕		スラリー・オイル + ライト/ヘビー・サイクル・オイル + ビスブロックン残さ油	
		推定生産能力(2) 10 ³ バレル/日 (CD)	対重油比 %	推定生産能力(3) 10 ³ バレル/日 (CD)	対重油比 %	推定生産能力(4) 10 ³ バレル/日 (CD)	対重油比 %	推定生産能力 10 ³ バレル/日 (CD)	対重油比 %
アメリカ	2,456	246	10.0	1,229	50.0	179	7.3	1,408	57.3
カナダ	340	23	6.8	116	34.1	7	2.1	123	36.2
ベルギー	292	5	1.7	23	7.9	37	12.7	60	20.6
イギリス	591	13	2.2	64	10.8	34	5.8	98	16.6
フランス	698	11	1.6	55	7.9	40	5.7	95	13.6
西ドイツ	438	10	2.3	48	11.0	122	27.9	170	38.9
イタリア	1,713	13	0.8	64	3.7	96	5.6	160	9.3
オランダ	482	6	1.2	28	5.8	82	17.0	110	22.8
スペイン	642	0	0	0	0	13	2.0	13	2.0
オーストラリア	108	8	7.4	41	38.0	0	0	41	38.0
日本	1,697	21	1.2	106	6.2	0	0	106	6.2

(1): 常圧蒸留装置能力(表11)に重油比(表1)を乗じた値。

(2): 接触分解装置能力(表11)の5%の得率と仮定し、その全量が船用重油の原材料として使用されたと仮定。

(3): 接触分解装置能力(表11)の25%の得率と仮定し、その全量が船用重油の原材料として使用されたと仮定。

(4): ビスブレーカ-能力(表11)の85%の得率と仮定し、その全量が船用重油の原材料として使用されたと仮定。

表 1.1.13 世界各港の船用重油性状
(1982.4 - 1982.9)

	VISCOSITY CST @ 50°C	DENSITY KG/L @ 15°C	SULPHUR % MASS	POURPOINT °C	FLASHPOINT °C	ASH % MASS	VANADIUM P.P.M.	SODIUM P.P.M.	CONRADSON CARBON RESIDUE % MASS	RAMSBOTTOM CARBON RESIDUE % MASS	IFT EXISTANT % MASS	IFT POTENTIAL % MASS
ALEXANDRIA	240	0.9400	1.5 -2.5	24-32	> 100	-	-	-	-	-	-	-
ANTWERP	-	-	-	-	-	-	-	-	8 Max	-	-	-
CAPTOWN	149	0.9773	2.9	0	69	0.03	120	50	14.8	-	0.09	0.10
CHACAO	370	0.9940	2.7	-9	84	0.09	365	50	13.0	-	0.10	0.11
DAKAR	230	0.9544	-	14	109	0.06	-	-	-	-	-	-
DUBAI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DURBAN	172	0.9850	2.9	-12	68	0.04	66	25	15.2	-	0.08	0.09
CEELONG	173	0.9840	3.0	15	85	0.03	30	100	5	-	0.07	0.12
GIBRALTAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GOTTENBURG	360	0.9800	2.4	6	88	-	-	-	-	-	-	-
HAMBURG	400	0.9900	2.4	-5	90	0.06	150	70	14	15 Max	-	-
HONG KONG	180	0.9900	4 Max	21 Max	-	0.1 Max	-	-	-	-	-	-
HOUSTON	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
KARACHI	165	0.9500	3.0	-	-	-	20	5	9.0	-	-	-
KOBE	170	0.9630	3.0	15	76	0.02	-	-	11.1	-	-	-
LAS PALMAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LE HAVRE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LISBON	360	0.9900	3.0	10	80	<0.1	<100	-	-	-	-	-
MARSEILLES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NELBOURNE	175	0.9840	2.9	12	82	0.03	30	100	5	-	0.07	0.10
MONTEVIDEO	370	0.9703	1.98	<0	> 100	0.04	-	-	-	-	-	-
NEW ORLEANS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
OSAKA	170	0.9630	3.0	15	76	0.02	-	-	11.1	-	-	-
PIRAEUS	160	0.9510	3.10	7	> 100	0.02	50	40	-	-	-	-
PORT SAID	240	0.9400	1.5 -2.5	24-32	> 100	-	-	-	8 Max	-	-	-
RIO DE JANEIRO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ROTTERDAM	414	0.9840	2.50	1	80	0.1	90-150	30-50	-	10-13	0.08	-
SHELLHAVEN	480	0.9700	1.66	3	-	-	-	-	-	-	-	-
SINGAPORE	310-380	0.9760-0.9860	3.2 -3.4	0-18	79-89	<0.1	-	-	-	11-13	-	-
STANLOW	460	0.9855	2.40	3	-	-	-	-	-	-	-	-
SUEZ	240	0.9400	1.5 -2.5	24-32	> 100	-	-	-	8 Max	-	-	-
SYDNEY	180	0.9850	2.9	9	105	0.05	46	100	10	-	0.1	0.1
TEESPORT	460	0.9792	1.7	6	-	-	-	-	-	-	-	-
TOKYO	175	0.9690	2.5	17.5	82	0.03	-	-	8.9	-	-	-
TRINIDAD	375	0.9710	1.9	-1	110	0.05	-	-	7.6	-	-	-
VANCOUVER	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WELLINGTON	115	0.9490	3.0	21	146	0.05	30	10	8.0	-	-	-

表 1.1.14 C 重油の粘度／温度変化

接触分解残さ油およびビスブローケン残さ油を材料とする重油を含む市販C重油44サンプルを分析した中で最も温度による粘度変化が顕著であった例を下表に示す。

		温度による粘度変化	
		最 小	最 大
比 重 @15/4°C		0.9678	0.9805
粘 度 (CS)	122°F (50°C)	327	473
	140°F (60°C)	176	240
	180°F (82.2°C)	64.7	73.9
	240°F (115.6°C)	22.5	21.2
	280°F (137.8°C)	13.6	11.8
粘度／温度スロープ (ASTM D341-77) Chart 1		0.632	0.726

表 1.1.15 重油の剪断速度による粘度変化

重 油	密 度 @15°C kg/m ³	粘 度 CS @50°C	ペンタン 不 溶 解 分 %wt.	粘度減少率 % @60°C *
A	960.7	360.8	7.0	0
B	989.8	292.5	14.3	8
C	997.3	513.2	15.8	13
D	978	661.8	9.5	7
E	952	442.3	12.6	10
F	981	483.4	12.5	28
G	1008.4	412	17.2	27
H	1012.1	362.8	18.4	12
I	940.9	39.9	—	-3

* 剪断速度を 10^{-3}S^{-1} から $1.73 \times 10^4 \text{S}^{-1}$ に増加させた場合の粘度減少率。

表 1.1.16

船用重油 ISO 规格案

FUEL TYPE	DISTILLATES				RESIDUALS									
	DM-X	DM-A	DM-B	DM-C	RH10A	RH10B	RH10C	RH15D	RH25E	RH25F	RH35C	RH35I	RH35K	RH35L
ISO DESIGNATION														
SSI DESIGNATION	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
CIMAC DESIGNATION														
DENSITY AT 15 °C KG/L	MAX	0.890	(0.885)	(0.905)	(0.920)	(0.930)	(0.940)	(0.950)	(0.960)	(0.970)	(0.980)	(0.990)	(1.000)	(1.010)
VISCOSITY AT 40 °C CST	MAX	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
VISCOSITY AT 80 °C CST	MAX	5.5	6.0	11.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
VISCOSITY AT 100 °C CST	MAX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VISCOSITY EQUIV. AT 50 °C CST	MAX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLASH POINT °C	MIN	43	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
FOUR POINT °C 1/12-31/03	MAX	-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1/04-30/11	MAX	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
CLOUD POINT °C	MAX	[-16]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBON RESIDUE	MAX	0.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RAMSBOTTOM % MASS ON 10% RES	MAX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBON RESIDUE	MAX	-	0.20	0.25	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CONRADSON % MASS	MAX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ASH % MASS	MAX	0.01	0.01	0.01	0.05	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
SEDIMENT BY EXTRACTION % MASS	MAX	0.01	0.01	0.02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
WATER % VOL.	MAX	0.05	0.10	0.25	0.30	0.50	0.50	0.80	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
CETANE INDEX	MIN	45	40	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SULPHUR % MASS	MAX	1.0	1.5	2.0	2.0	3.5	3.5	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
VANADIUM MG/KG	MAX	-	-	-	100	150	300	350	500	500	500	500	500	500
ALUMINIUM MG/KG	MAX	-	-	-	-	30	30	30	30	30	30	30	30	30
TOTAL EXISTENT SEDIMENT %	MAX	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IGNITION QUALITY	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2
GRADES REFERRED BY OIL INDUSTRY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GRADES REFERRED BY CIMAC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

1) TEST UNDER DEVELOPMENT (DERIVATIVE OF SHELL HT)

2) CONSIDERED IMPORTANT BUT NO TEST AVAILABLE.

3) IN COURSE OF PREPARATION

() - BS LIMITS

[] - PARAMETERS CONSIDERED POTENTIALLY RESTRICTIVE BY OIL INDUSTRY

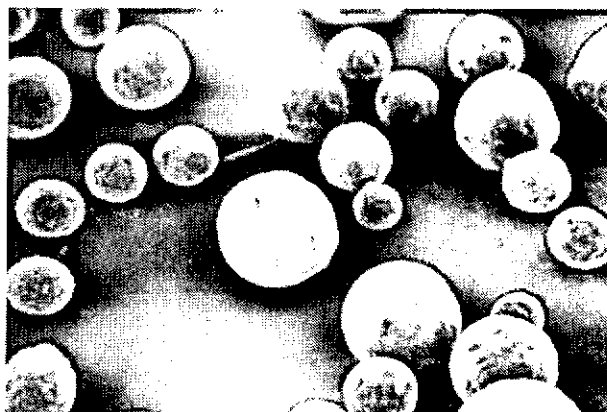
表 1. 1.17
船用重油
ISO 規格案

FUEL TYPE							TEST METHODS			
ISO DESIGNATION		RM45H	RM45K	RM45L	RM55H	RM55L	BS	ISO	IP	ASTM
ESI DESIGNATION		M8	-	M11	M9	M12	NEAREST EQUIVALENTS			
CIMAC DESIGNATION		CIMAC 10	CIMAC 11	-	CIMAC 12	-				
DENSITY AT 15 C KG/L	MAX	0.991	-	-	0.991	-	4714	3675	160/68	D1298
VISCOSITY AT 40 C CST	MAX MIN	-	-	-	-	-	4708	3104	71/80	D445
VISCOSITY AT 80 C CST	MAX	100	-	100	130	130				
VISCOSITY AT 100 C CST	MAX	45	45	45	55	55				
VISCOSITY EQUIV. AT 50 C CST	MAX	500	500	500	700	700	-	-	-	-
FLASH POINT C	MIN	60	60	60	60	60	2839	2719	34/75	D93
POUR POINT C 1/12-31/03	MAX	30	30	30	30	30	4452	3016	15/67	D97
1/04-30/11	MAX	30	30	30	30	30				
CLOUD POINT C	MAX	-	-	-	-	-	4458	3015	219/67	D2500
CARBON RESIDUE RAMSDOTTOM % MASS ON 10% RES	MAX	-	-	-	-	-	4451	4262	14/65	D524
CARBON RESIDUE RAMSDOTTOM % MASS	MAX	-	-	-	-	-				
CARBON RESIDUE CONRADSON % MASS	MAX	22	[22]	-	[22]	-	4380	6615	13/78	D189
ASH % MASS	MAX	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	4450	6245	4/65	D482
SEDIMENT BY EXTRACTION % MASS	MAX	-	-	-	-	-	4382	3735	53/70	D473
WATER % VOL.	MAX	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4385	3733	74/77	D95
CETANE INDEX	MIN	-	-	-	-	-	4701	4264	218/67	D976
SULPHUR % MASS	MAX	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4)	4)	-	-
VANADIUM MG/KG	MAX	600	600	600	600	600	3)	3)	288/74	-
ALUMINIUM MG/KG	MAX	30	30	30	30	-	3)	3)	-	-
TOTAL EXISTENT SEDIMENT %	MAX	1)	1)	1)	1)	1)	1)	1)	-	-
IGNITION QUALITY		2)	2)	2)	2)	2)	2)	2)	-	-
GRADES PREFERRED BY OIL INDUSTRY		X		X		X				
GRADES PREFERRED BY CIMAC		X								

4) STILL UNDER CONSIDERATION. BOMB METHOD MAY BE
DISPLACED BY X-RAY FLUORESCENCE.



改良前



改良後

写真 1. 1. 1 触媒粒子顕微鏡写真(× 200 倍)
(提供：触媒化成工業株式会社)

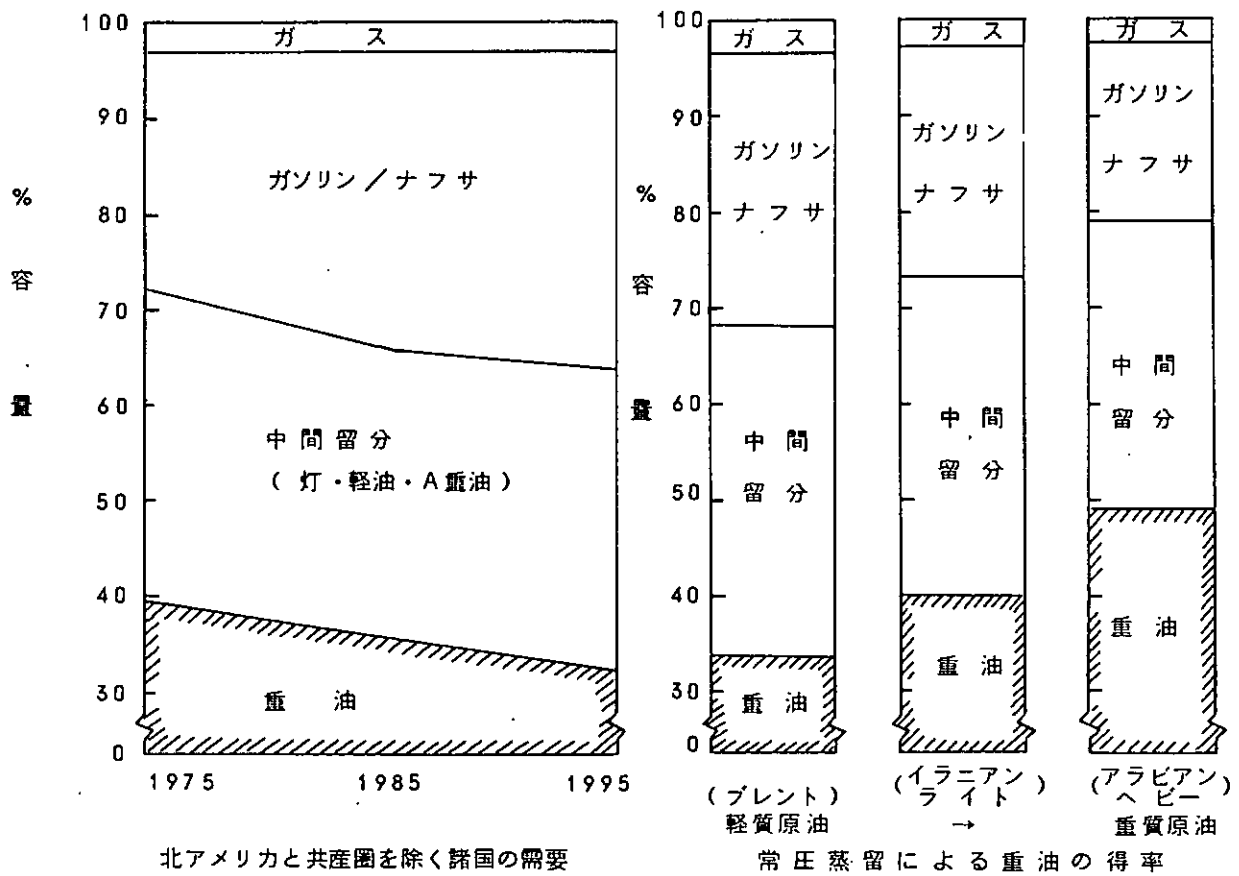


図 1.1.1 重油需要率推移と原油の重油得率

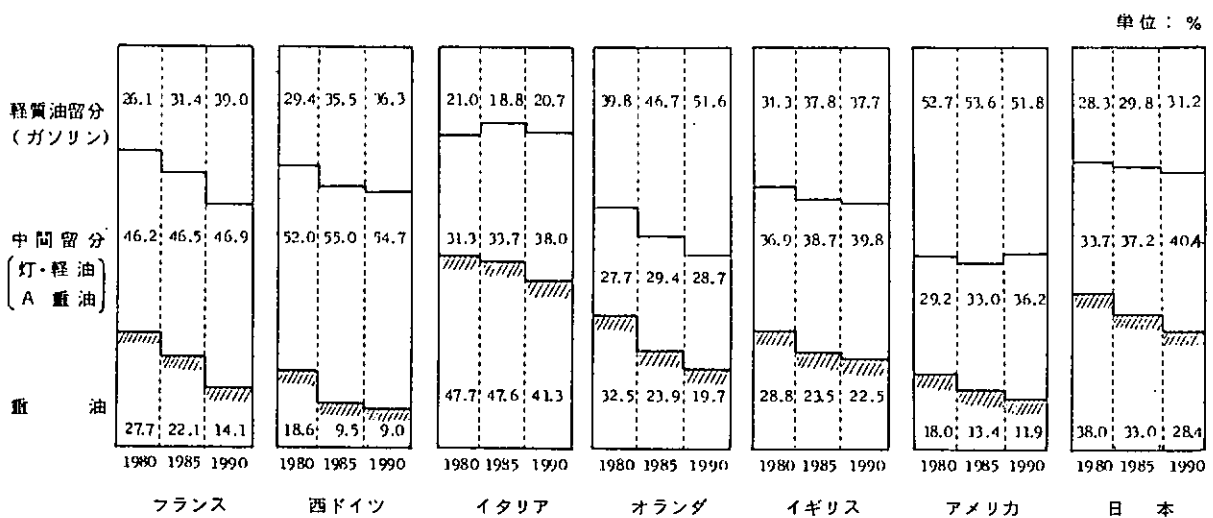


図 1.1.2 各国の燃料油需要構成の推移

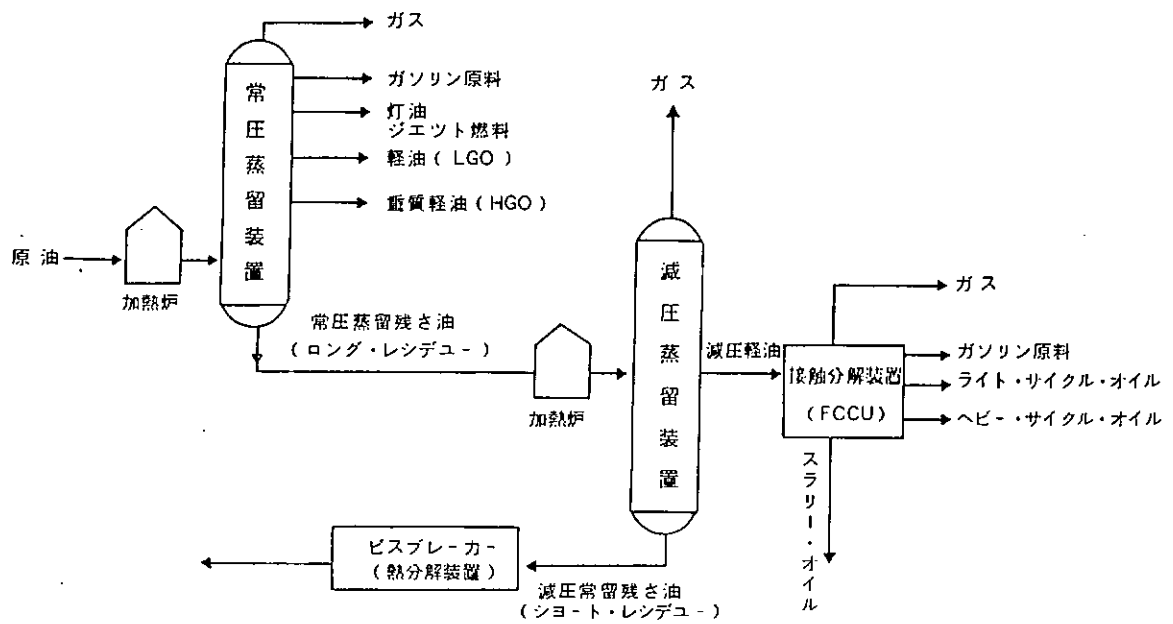


図 1.1.3 接触分解装置およびビスブレーカーを所有する製油所

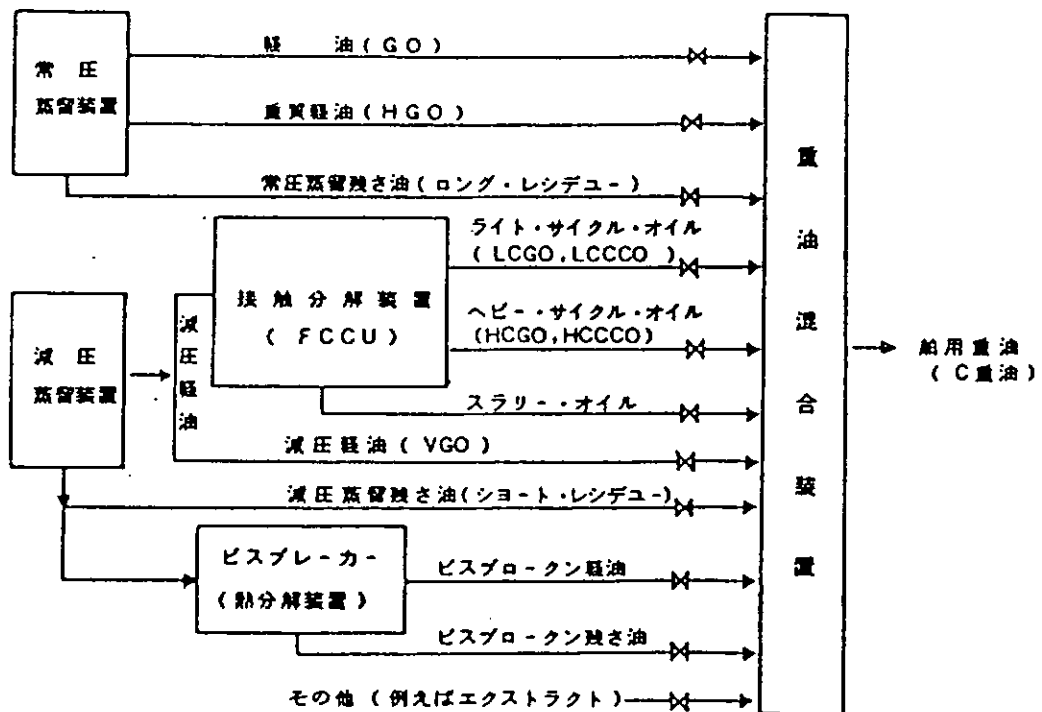


図 1.1.4 船用重油製造法の一例
(接触分解装置とビスブレーカーを所有する製油所)

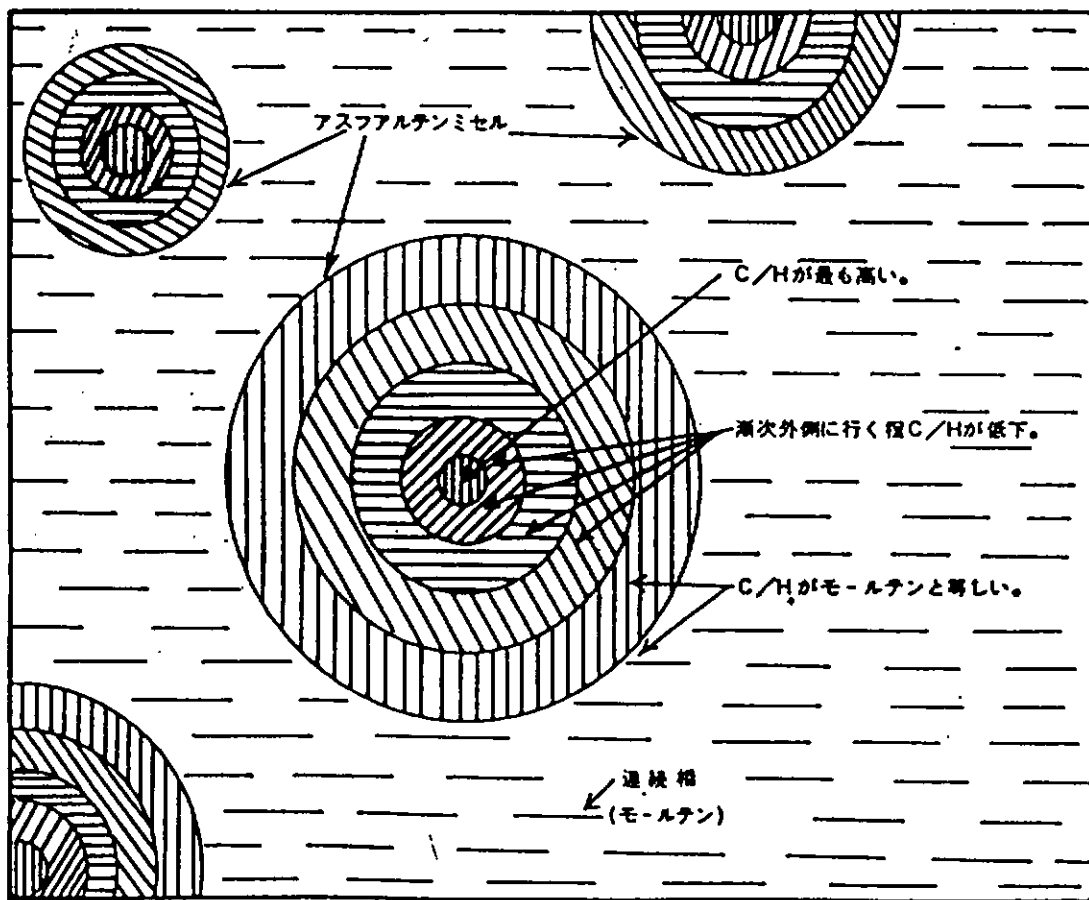


図 1.1.5 アスファルテンミセルの仮想図

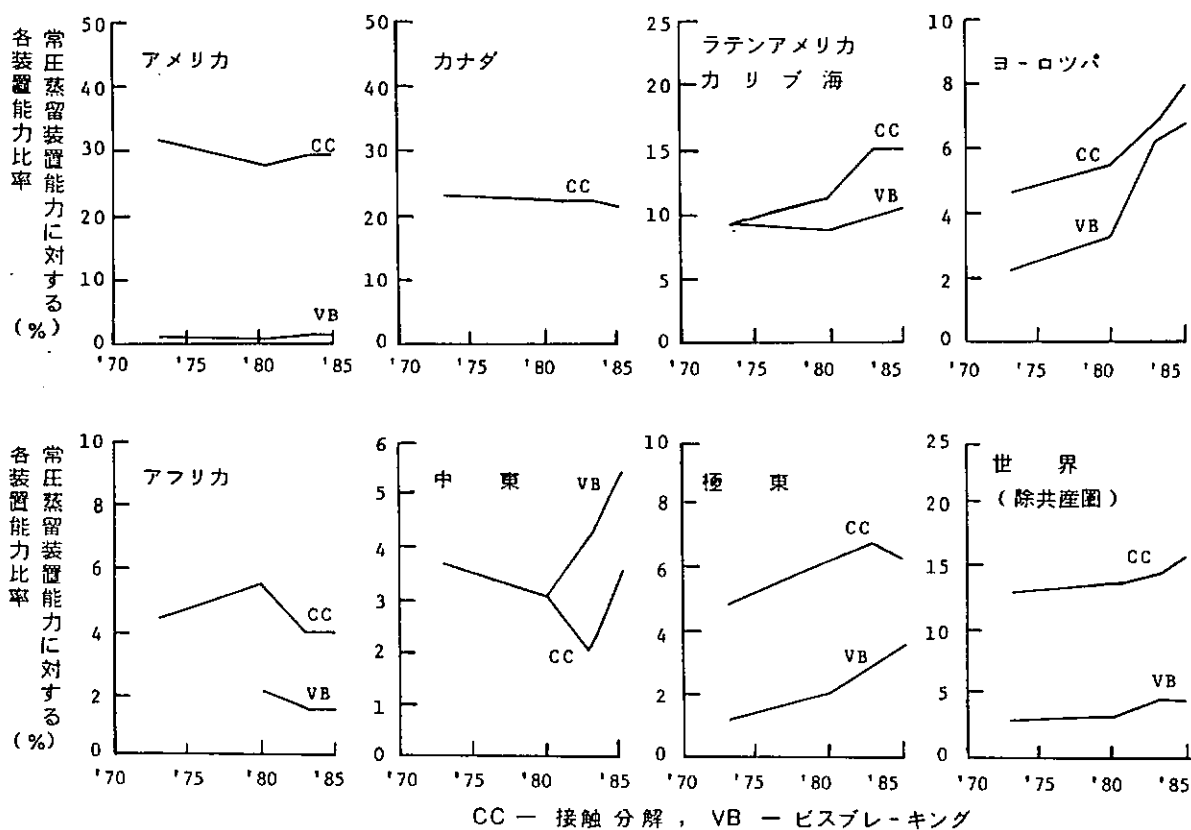


図 1.1.6 各地域の常圧蒸留装置能力に対する接触分解装置/ビスブレーカー能力比率
(出典: M. グラハム他 2 名, 日本船舶機関学会誌, 17, 9 (1982), 653)

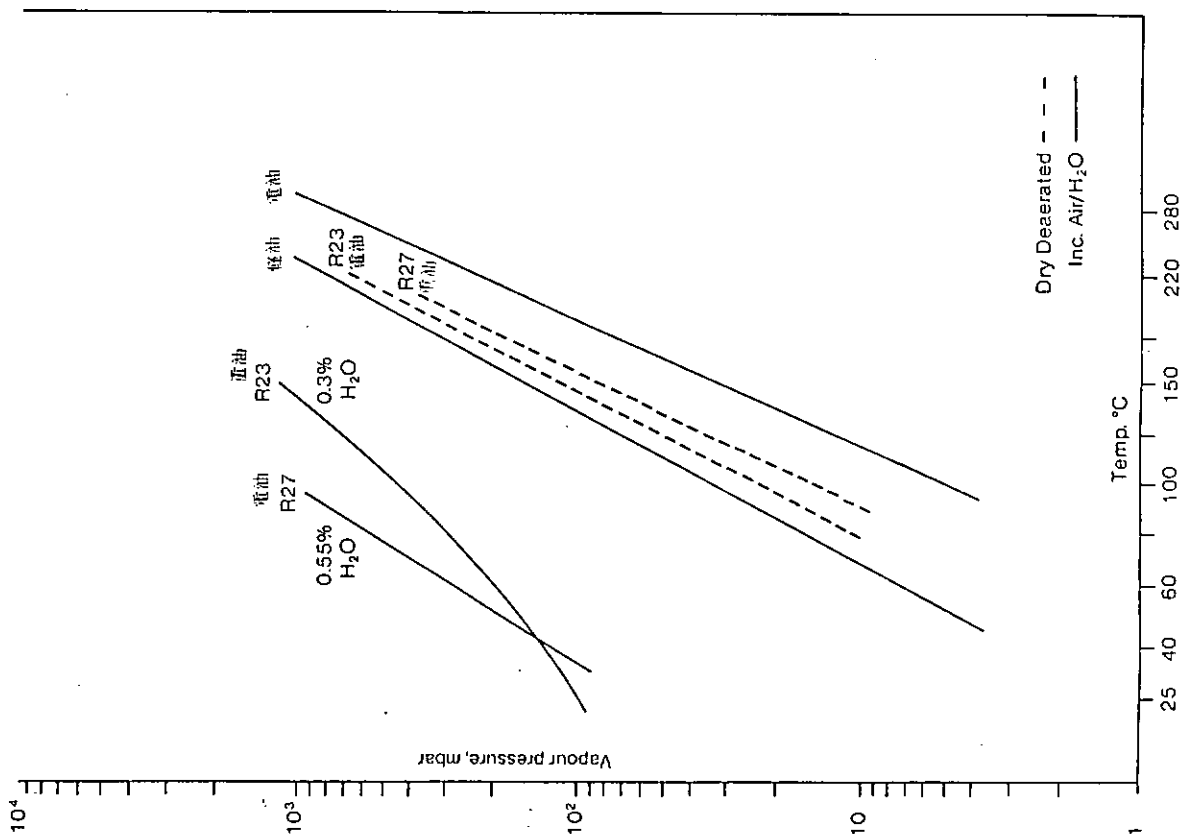


図 1.1.8 燃料の蒸気圧 (一例)

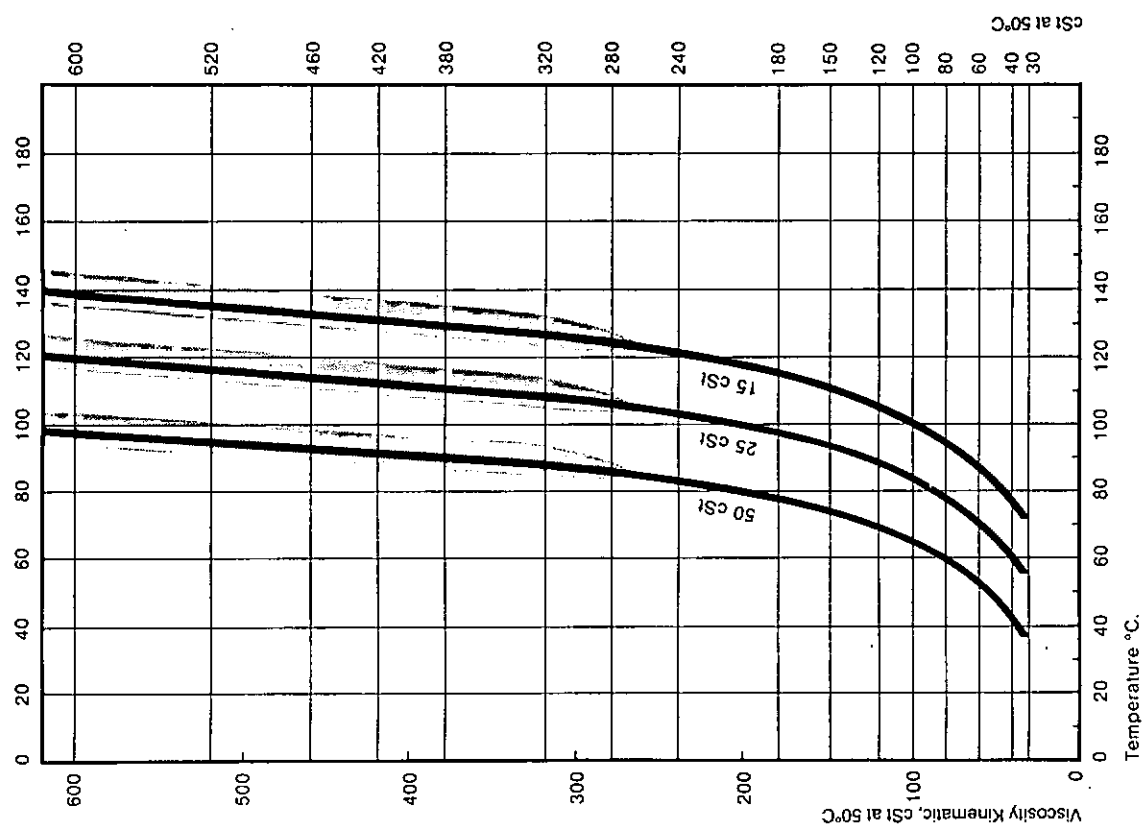


図 1.1.7 燃料噴射に適する粘度にするための燃料加熱温度

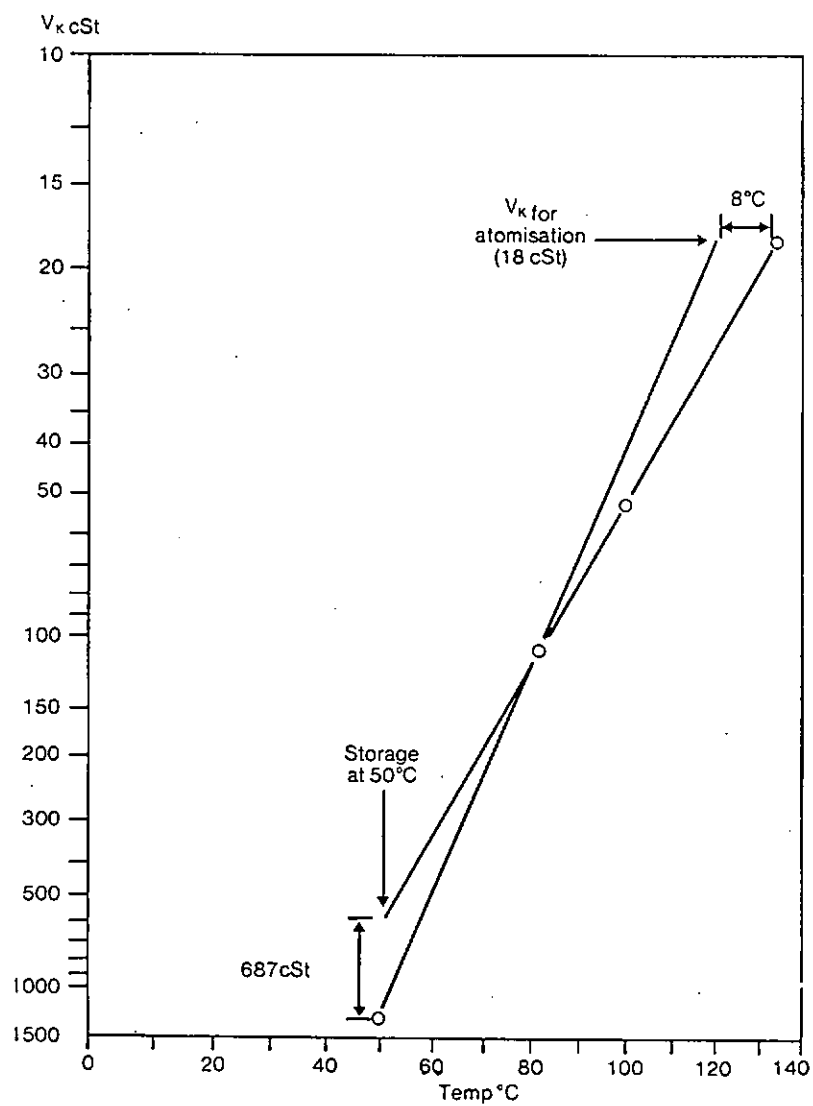


図 1.1.9 実測粘度を外挿した時の粘度

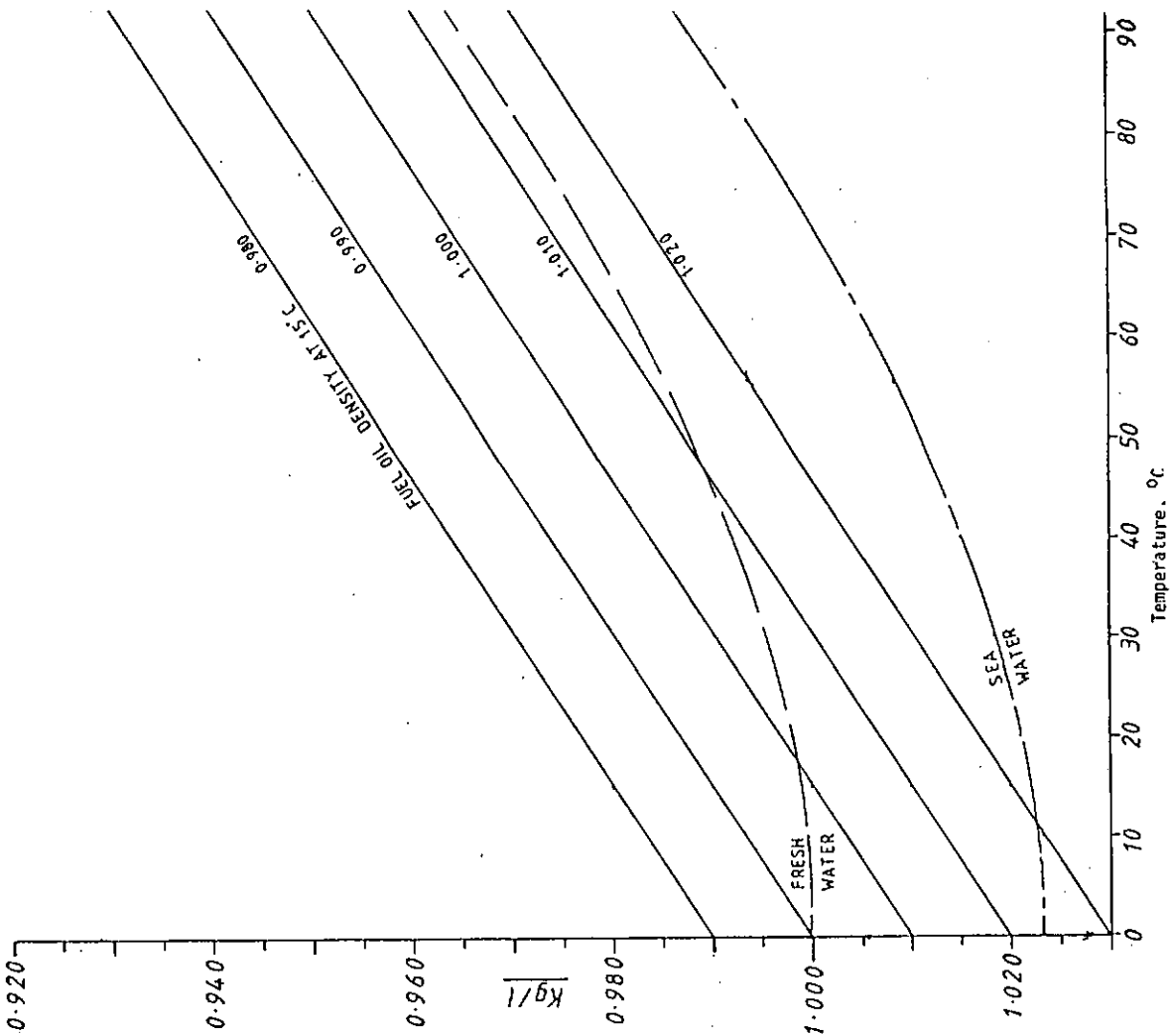


図 1.1.10 重油の密度と温度

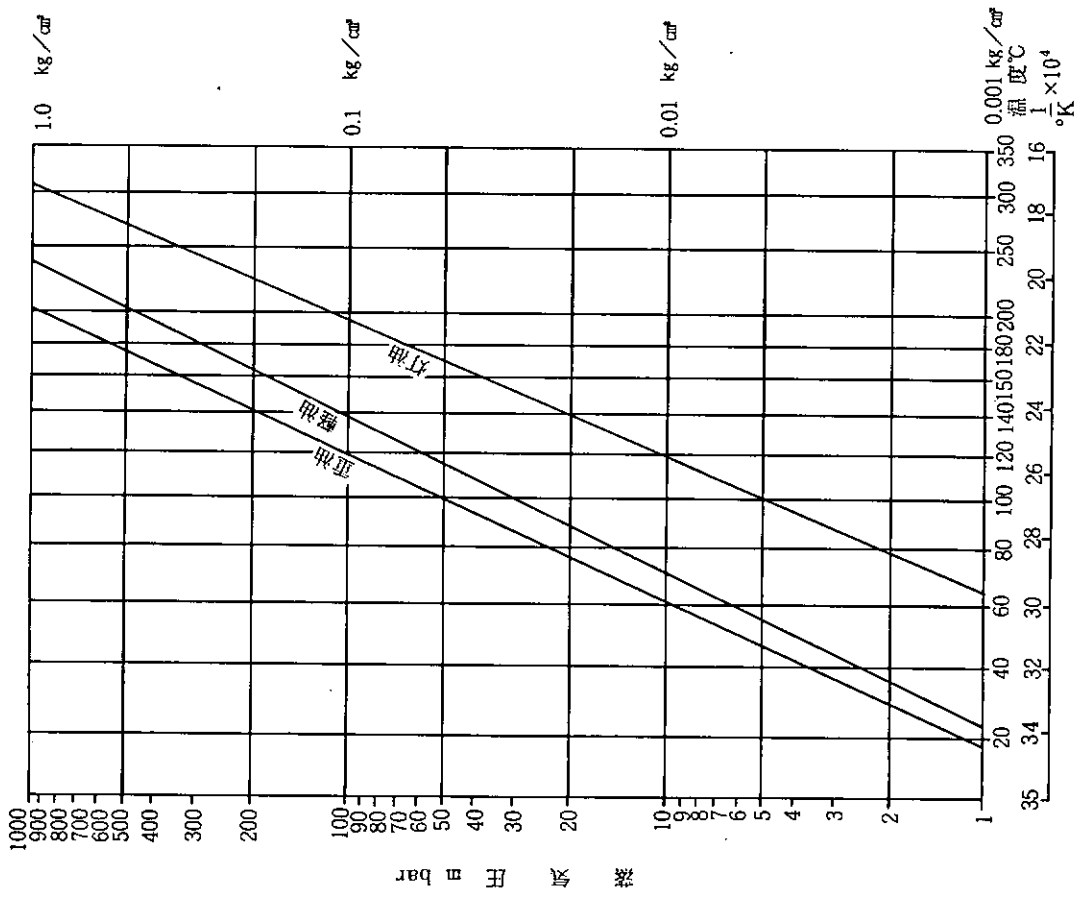


図 1.1.11 燃料油の蒸気圧(一例)

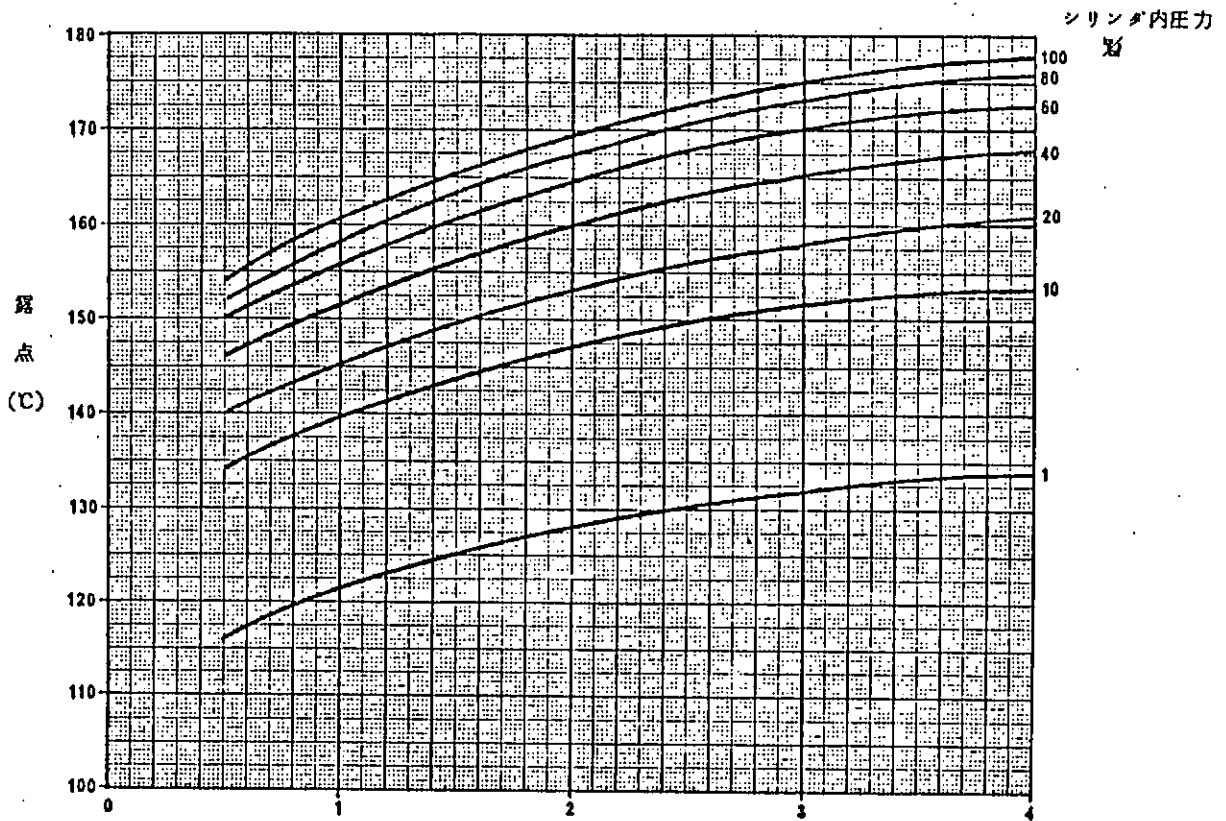
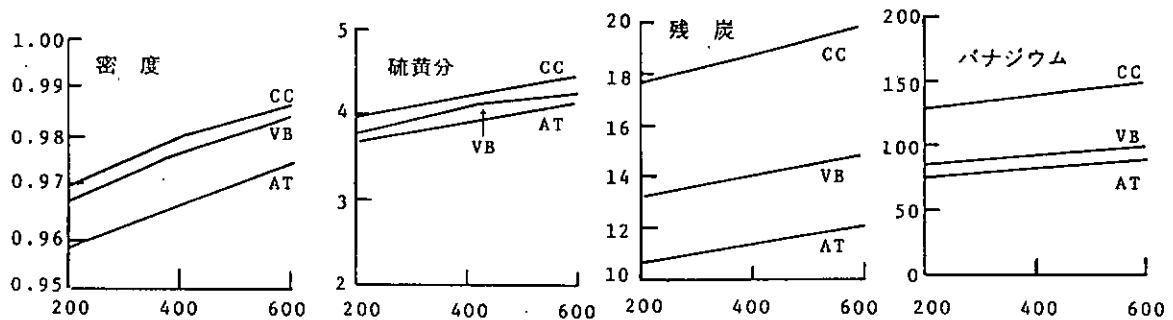
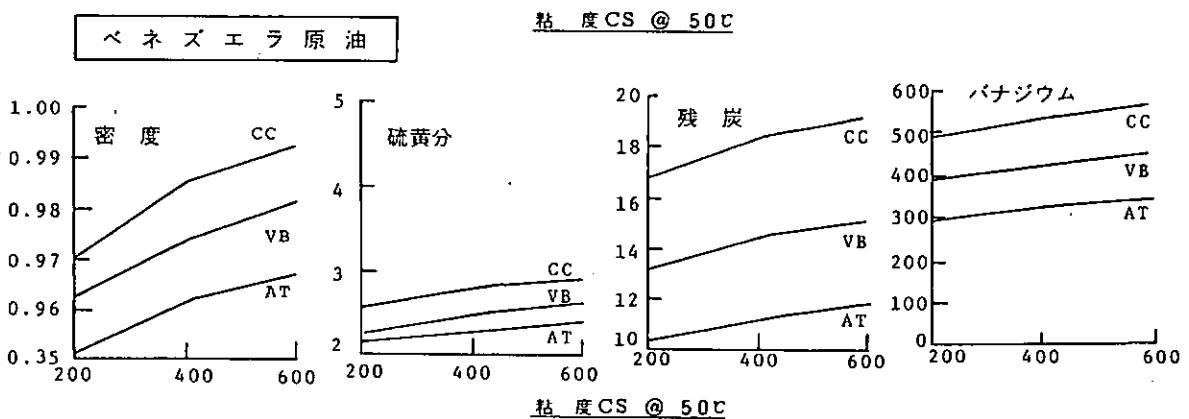


図 1.112 硫酸の露点（計算値）
 （2.5%のSO₂がSO₃に変換し、水蒸気含有量5%、空燃費35：1と仮定して計算した。）

アラビアン・ヘビ - 原油



ベネズエラ原油



AT: 常圧蒸留, VB: ビスブレッキング, CC: 接触分解

図 1.113 石油精製装置および原油の種類による船用重油の品質に対する影響
 （出典：M. グラハム他 2 名，日本船用機関学会誌，17，9（1982），652）

第2章 外航大型船における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調査・解析結果の総合とりまとめ

1. まえがき

現在、船用燃料油は石油需要構造等の変化に伴って低質化、粗悪化が進行し、燃料油に起因すると推定される障害が増加している。

日本船主協会機関管理研究会では昭和51年から燃料油に起因すると推定される障害の発生頻度、現象、燃料油性状の変化及び障害と燃料油性状との因果関係を追求するため日本船主協会加盟会社の船舶を対象にアンケート調査を行い、昭和55年度からは第185研究部会研究の一環として昭和56年まで調査を続行した。これら6年間の調査結果はそのつど日本船主協会の船舶通報資料E-167(54.7.23日付)、E-176(56.6.18日付)及びE-181(57.7.18日付)に報告されているが、本年度は実際に搭載された船用重油の性状がどの様に変化してきたか、また、燃料油に起因すると考えられる障害のうち、どの様なものが増加傾向にあるかを調査するため51～56年の同一データについて別途に集計・解析を行ったものであって本章はその要約である。

なお、調査解析結果の詳細については船舶通報E-185(58年4月発刊予定)を参照されたい。

2. 集計結果

2.1 報告件数の集計

提出された障害及び性状分析調査表に基づき補油地別、粘度別、機器別、現象別及び対策別にそれぞれ件数を主として年度別に集計を行った。

報告件数については報告内容一件につき複数に亘って記述のあるものについては各集計目的に沿って取扱った。

2.1.1 補油地別割合

障害件数を補油地別に分類集計した。

この結果を図1.2.1-2/3に示す。

また、燃料協議会外航部会加盟会社が運航する外航船舶の調査対象期間中の補油実績を補油地別に分類し、図1.2.1-1/3に示す。さらに補油量10³MT当たりの障害油件数の年度変化を図1.2.1-3/3に示す。但し、補油量はA及びC重油を合計したものである。

集計結果より補油量に対する障害割合の年推移でみると補油量が少ないこともあるが、パナマ及びアフリカが顕著な増加傾向を示している。また、日本については比較的低い増加で北米西岸は平均値に近い値を示し、北米東岸は減少傾向にある。

2.1.2 銘柄別現象別割合

障害の発生した件数を銘柄別、現象別に集計した。集計総計796件である。結果を表1.2.1(1)及び表1.2.1(2)に示す。

なお、分類は下記方法により年度別に行った。

- (1) 銘柄区分は分析結果を使用し、未記入のものについては業者提出の性状又は本船計測結果を使用した。
- (2) 件数は障害現象の報告件数と同一とした。但し、障害現象が2つの燃料油のいずれかに起因するか特定できず、かつ油種の粘度レベルが相違する時は重複して表示した。
- (3) 燃料油の性状不明のものは補油時の指定銘柄にしたがった。

集計結果によれば船用燃料油として使用されているすべての油種にわたって障害が発生しており、その主な内容は次の通りである。

(1) A重油及びA/C重油

A油のみの年別障害件数は51～54年まで増加推移し、A/C油については53、54年で2件、1件、55、56年で12件、11件と増加が目立つ。総障害件数(83件)中スラッジ異常析出、ストレーナ閉塞及び燃焼不良で46件(55%)であり、かつスラッジ異常析出、ストレーナ閉塞が51～56年にわたってわずかに増加している。

(2) 150 cSt 未満

年別障害件数は53年(60件)をピークに54年(17件)減少したが55年(37件)、56年(41件)と若干増加している。総障害件数(175件)中スラッジ異常析出、ストレーナ閉塞、FOポンプ固着、排気温度上昇、燃焼不良、リング異常摩耗及びサージングで95件(54%)である。又スラッジ異常析出及びストレーナ閉塞についてわずかに増加推移しているが、その他は明確な傾向は見い出せない。

(3) 150～200 cSt 未満

年別障害件数は51年からわずかなずつ増加し、54年(41件)、55年(76件)、56年(150件)と大巾に増加している。

総障害件数(337件)中スラッジ異常析出、ストレーナ閉塞、FOポンプ固着、燃焼不良、排気温度上昇で154件(46%)であり、又、スラッジ異常析出、ストレーナ閉塞及びFOポンプ固着等が増加している。

(4) 200～300 cSt 未満

年別障害件数は51、52年で各3件であるが、53年(14件)、54年(22件)、55年(45件)、56年(61件)と増加しており、スラッジ異常析出、ストレーナ閉塞が年ベースで増加している。また、ベーパーロック現象(12件)が他の銘柄に比して多いのが目立ち、燃焼不良についても、他銘柄(150～200 cSt 未満)(19件)と同程度(17件)に多い。

(5) 300 cSt 以上

年別障害件数は53年(2件)、54年(16件)、55年(13件)、56年(22件)と増加し総障害件数(53件)中スラッジ異常析出、清浄不能及び燃焼不良で19件(36%)である。

2.1.3 機器別割合

発生した障害を機器別に分類集計した。この結果を表1.2.2及び図1.2.2-1/3～3/3に示す。集計総数532件であった。この分類に於いてディーゼル機関をトランクピストン型とクロスヘッド型とに区分し、発電機は補機器に含めた。

集計結果によれば障害件数の主機関と補機器割合は昭和51年で1:4であったものが同率に近くなってきている。ディーゼル主機関では燃料ポンプ70件(30%)、燃料噴射弁43件(18%)及びピストン、ピストンリング37件(16%)である。

また、主機関について障害の比較的多い機器としてトランクピストン型では、燃料ポンプ21件(38%)、排気弁及び弁座10件(18%)、過給機10件(18%)であり、クロスヘッド型では燃料ポンプ49件(38%)、燃料噴射弁40件(22%)及びピストン、ピストンリング34件(19%)である。

一方、補機器については清浄機、ストレーナーで202件(68%)と多く、又、年推移でも明らかに増加している。

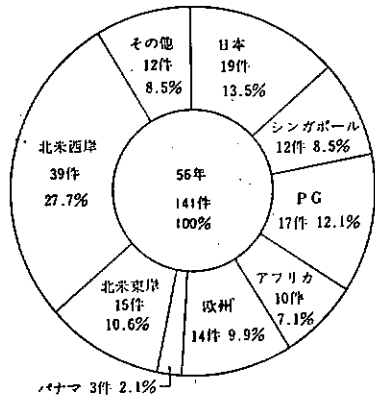
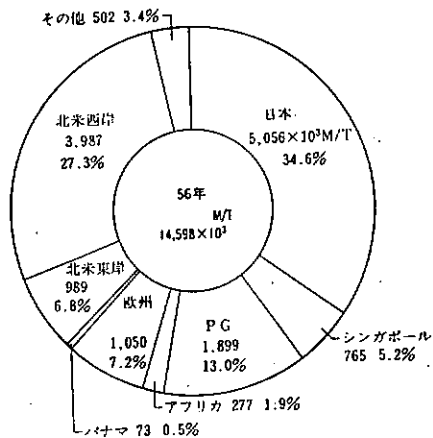
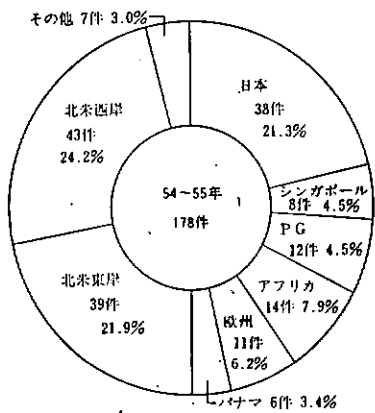
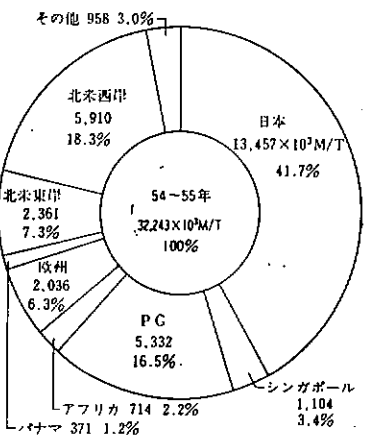
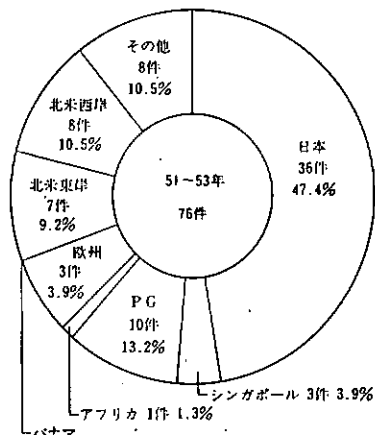
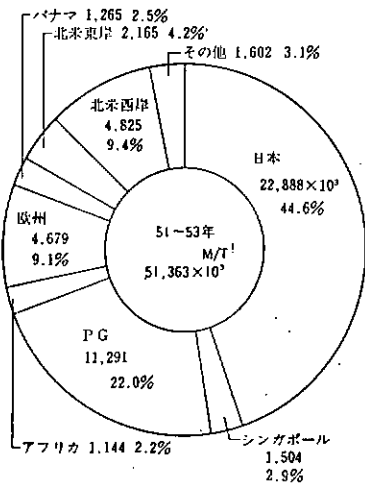
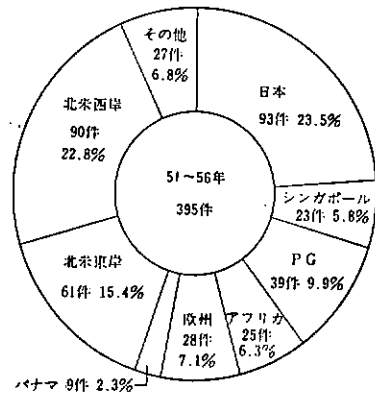
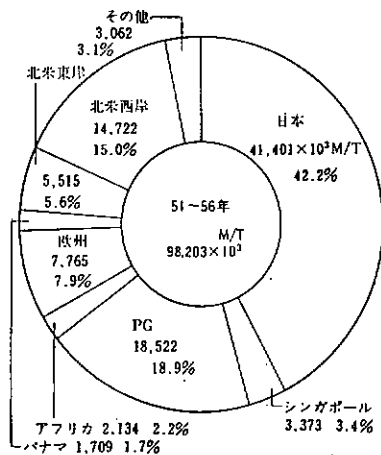


図 1.2.1 - 1 / 3 地域別補油量

図 1.2.1 - 2 / 3 地域別障害油件数

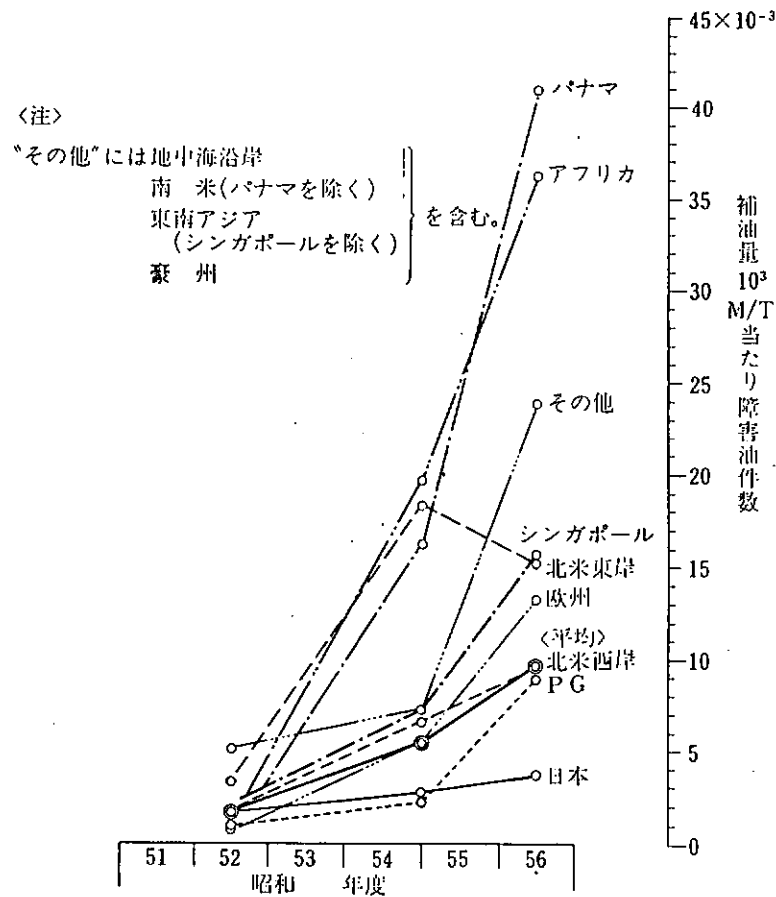


図 1.2.1 - 3 / 3 補油量 10^3 M/T 当たり障害油件数

表 1.2.1 (1) 銘柄別障害発生件数

銘柄 年度	A重油	A/C 重油	～ 150	150 ～ 200	200 ～ 300	300 ～	Total	割 合
51	3	—	12	7	3	—	25	3.1
52	8	—	8	23	3	—	42	5.3
53	14	2	60	40	14	2	132	16.6
54	16	1	17	41	22	16	113	14.2
55	5	12	37	76	45	13	188	23.6
56	11	11	41	150	61	22	296	37.2
Total	57	26	175	337	148	53	796	100.0
割 合	7.2	3.3	22.0	42.3	18.6	6.7	100.0	

表 1. 2. 1 (2) 現象別障害発生件数

	油種銘柄 障害現象	A	A/C	C 重 油 (cStat 50℃)				合 計	
		重 油	重 油	～ 150	150 ～ 200	200 ～ 300	300 ～	合 計	割 合 (%)
1	スラッジ異常析出(FOタンク, 清浄機)	15	5	26	45	21	7	119	15
2	移 送 困 難	1		2	3	4	1	11	1
3	ストレーナ閉塞	9	7	15	39	19	3	92	11
4	清 浄 不 能	4		7	13	12	6	42	5
5	加 熱 器 閉 塞		1	2	9	1	1	14	2
6	ペーパーロック			2	5	12	5	24	3
7	燃料ポンプ固着	1	3	13	33	6	4	60	8
8	燃料ポンプ異常摩耗	1		2	8	2	1	14	2
9	燃 料 弁 固 着	1	1	2	9		2	15	2
10	燃料弁異常摩耗			1	5	1		7	1
11	燃料不良(カーボンフラワー, 黒煙発生)	9	1	10	19	17	6	62	8
12	Pmax 上 昇		1	5	7	3		16	2
13	排 気 温 度 上 昇	5		12	18	4	1	40	5
14	燃 焼 残 渣 堆 積	1	1	5	13	4	3	27	3
15	スカフティング			3	4	3		10	1
16	ライナー異常摩耗			5	6	1		12	2
17	リング異常摩耗	1		10	14	8	3	36	5
18	排気弁吹き抜け			5	7	2		14	2
19	サ ー ジ ン グ			9	12	2	1	24	3
20	ブ ロ ー バ イ	1	1	6	7	6	1	22	3
21	腐 食	1	1	2	8	2		14	2
22	ピストンクラウン焼損				4	1		5	—
23	ライナー亀裂			5	3	4	1	13	2
24	流 量 計 固 着				5			5	—
25	排 気 弁 固 着			2	1			3	—
26	FOミキシングチューブレベル変動, FOスタンドパイプ渣出	1			8	2	4	15	2
27	そ の 他	6	4	24	32	11	3	80	10
	障害発生件数	57	26	175	337	148	53	796	100
	割 合 (%)	7	3	22	42	19	7	100	

表 1. 2. 2 機器別集計(51年～56年)

機 器 名		51 年 度						52 年 度						53 年 度					
		トランク ピストン型		ク ロ ス ヘッド型		合 計		トランク ピストン型		ク ロ ス ヘッド型		合 計		トランク ピストン型		ク ロ ス ヘッド型		合 計	
		件 数	%	件 数	%	件 数	%	件 数	%	件 数	%	件 数	%	件 数	%	件 数	%	件 数	%
デ ィ ー ゼ ル 主 機 関	F.O. ポ ン プ			2	12.5	2	12.5	1	4.0	3	12.0	4	16.0	3	3.9	7	9.2	10	13.2
	F.O. 噴 射 弁			1	6.3	1	6.3	1	4.0	2	8.0	3	12.0	1	1.3	2	2.6	3	3.9
	排 気 弁 及 び 弁 座			1	6.3	1	6.3							1	1.3			1	1.3
	シリンダライナー									2	8.0	2	8.0	1	1.3	3	3.9	4	5.3
	ピストン及びピストンリング															4	5.3	4	5.3
	過 給 機							1	4.0	1	4.0	2	8.0	2	2.6	2	2.6	4	5.3
	ミキシングチューブ									1	4.0	1	4.0						
	そ の 他													1	1.3	1	1.3	2	2.6
	計			4	25.0	4	25.0	3	12.0	9	36.0	12	48.0	9	11.8	19	25.0	28	36.8

機 器 名		54 年 度						55 年 度						56 年 度						計
		トランク ピストン型		ク ロ ス ヘッド型		合 計		トランク ピストン型		ク ロ ス ヘッド型		合 計		トランク ピストン型		ク ロ ス ヘッド型		合 計		
		件 数	%	件 数	%	件 数	%	件 数	%	件 数	%	件 数	%	件 数	%	件 数	%	件 数	%	
デ ィ ー ゼ ル 主 機 関	F.O. ポ ン プ	3	3.6	9	10.9	12	14.5	8	6.4	10	8.0	18	14.4	6	2.9	18	8.6	24	11.6	70
	F.O. 噴 射 弁			12	14.5	12	14.5			6	4.8	6	4.8	1	0.5	17	8.2	18	8.6	43
	排 気 弁 及 び 弁 座	1	1.2	2	2.7	3	3.6	3	2.4	1	0.8	4	3.2	5	2.4	2	1.0	7	3.4	16
	シリンダライナー							1	0.8	7	5.6	8	6.4			7	3.4	7	3.4	21
	ピストン及びピストンリング			2	2.4	2	2.4	2	1.6	12	9.6	14	11.2	1	0.5	16	7.7	17	8.2	37
	過 給 機	1	1.2			1	1.2	3	2.4	3	2.4	6	4.8	3	1.4	8	3.9	11	5.3	24
	ミキシングチューブ	1	1.2	1	1.2	2	2.4			2	1.6	2	1.6	3	1.4	6	2.9	9	4.4	14
	そ の 他									4	3.2	4	3.2	1	0.5	3	1.4	4	1.9	10
計		6	7.2	26	31.4	32	38.6	17	13.6	45	36.0	62	49.6	20	9.6	77	37.2	97	46.8	235

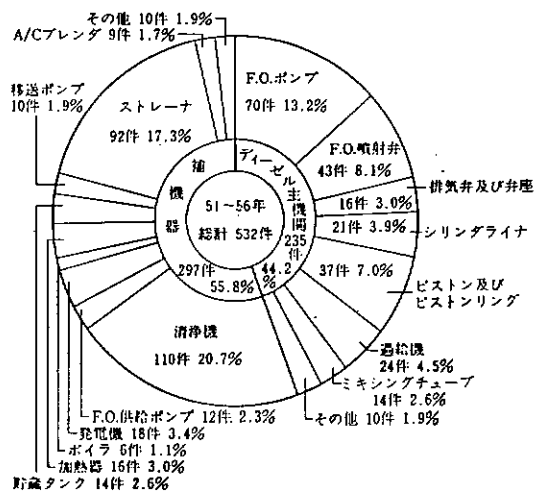
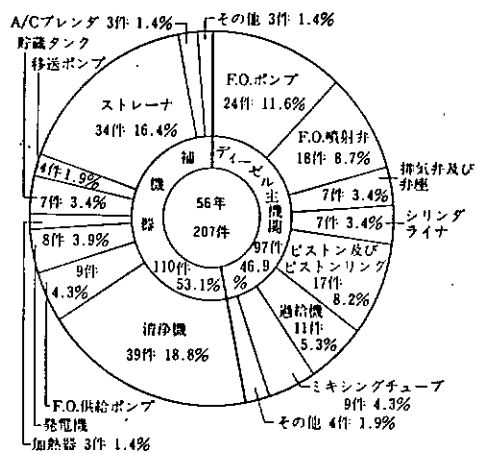
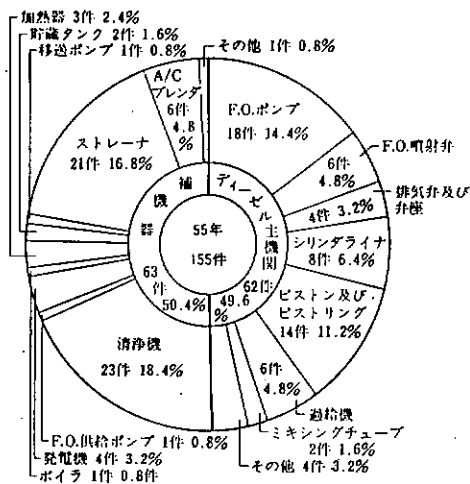
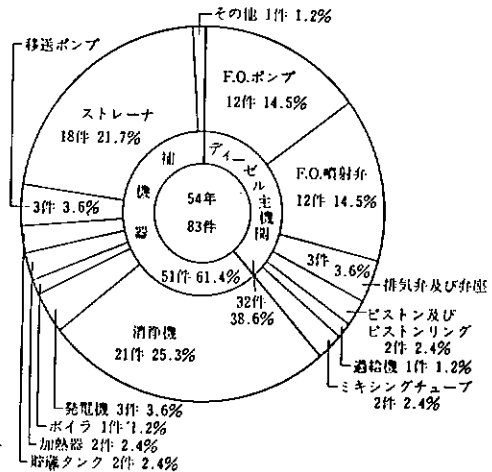
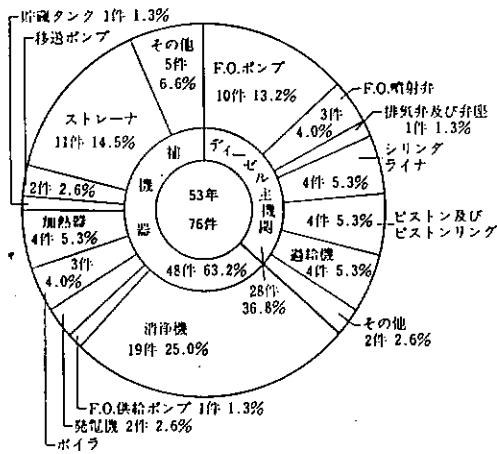
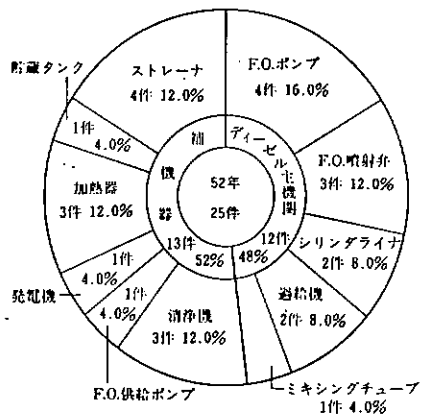
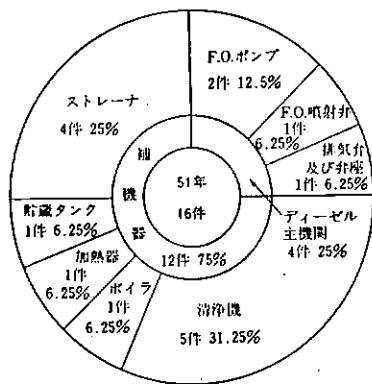


図 1.2.2 - 1 / 3 障害件数の機器別割合

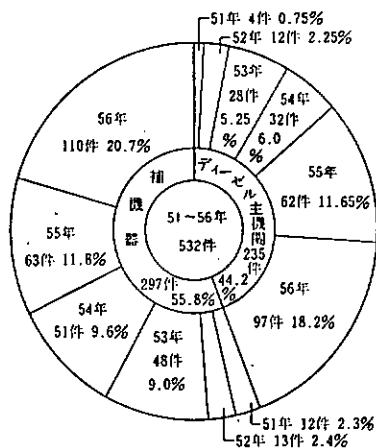


図 1.2.2-2/3 障害件数の年度別割合

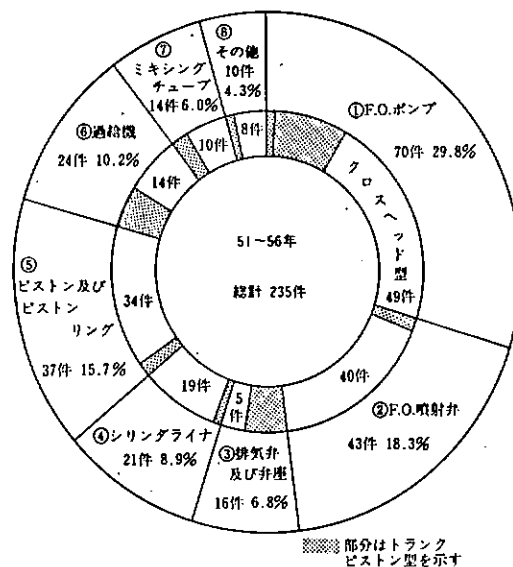


図 1.2.2-3/3 障害件数の機器別割合(ディーゼル主機関)

3. あとがき

過去6年間にわたる障害例のアンケート集計及び解析結果により特記事項について以下簡略に述べる。

- (1) 障害は世界的に発生しているが、日本及び北米地区で補油件数、補油量とも約6割を占めている。又、補油件数の集計年ベースの推移でみると日本(12件→18件→19件)は増加、横遣い傾向にあり、北米東岸(2件→22件→15件)は増加減少で又、北米西岸(3件→20件→39件)は増加している。
- (2) 障害現象としては、スラッジ異常析出、ストレーナ閉塞、燃料ポンプ及び燃焼不良が全油種にわたって発生しており、障害現象の約4割を占める。これを件数の年推移でみると燃焼不良を除き増加している。
- (3) 障害発生機器ではディーゼル主機関と補機器の発生割合はS51年で1:4であったものが年と共に同率に近くなっている。

ディーゼル主機関のみでは燃料噴射弁、燃料ポンプ及びピストンリング関係に補機器関係では清浄機、ストレーナに障害が集中している。

ディーゼル機関を低速機関と中速機関に分類すると低速機関では燃料噴射弁、燃料ポンプ、ピストン及びピストンリング、中速機関では燃料噴射弁、排気弁及び弁座、過給機の障害が目立つ。

- (4) 主機関、補機器等に関係するストレーナ障害について、そのほとんどがスラッジによる閉塞であり、大半が主機関用2次ストレーナの閉塞で占められている。

又、これらの現象は補油地のほとんど全域にわたっており、かつ各々の地域で清浄機の障害件数とはほぼ同数の障害が発生している。

- (5) 障害、性状及び補油地域の相関について以下に示す表の様に推論できる。

障 害	性 状	補 油 地
燃 焼 障 害	Si, Al (多)	北 米 東 岸
ストレーナ閉塞	比 重 (大)	北 米 東 岸
シリンダライナ	V (多)	北 米 東 岸
サ ー ジ ン グ	V(少) V/Na(小) 比 重 (小)	中 東
ベ ー パ ロ ッ ク スタンドパイプ		地 中 海

(6) Si と Al の含有量は相関度が高い。一般的に云われている触媒であるアルミナシリカと異常摩耗との相関は明らかにならなかったが、Si 及び Al の含有量の多い燃料油は燃焼摩耗及びストレーナ閉塞等と相関が強い。

以上のように昭和51年から昭和56年までの6年間にわたる「燃料油に起因すると推定される障害について」のアンケート調査結果よりディーゼル機関を主機関とする船舶に障害例が多発しているがタービンを主機関とする船舶には数える程しか発生していない。

将来の低質油対策としては原因を究明し、これらの機器に対する必要な開発改良は勿論の事、前処理としての運転管理強化の為に今後共継続してこの種の調査を実施し燃料油の性状を把握する必要がある。

第3章 超粗悪燃料油による障害・問題点とその原因・因果関係及び対策

55年度、56年度に引続き、資料・文献を調査した結果を以下の一覧表にまとめて紹介するが、56年度が所謂4,500秒燃料油を対象にしていたのに対し、本年度はISO-RM 55H(6,000秒クラス)を対象としてとりまとめた。

1. 燃料油貯蔵及び移送システム

項目	障害・問題点	原因・因果関係	対 策
燃 料 油 貯 蔵 タ ン ク	◦スラッジ異常析出(発生量増大)	◦水分との混合安定性が劣る。 ◦混合安定性が劣る。 ◦貯蔵安定性が劣る。	◦添加剤の投入。 ◦補油地・精製法の異なる油の混合を避ける。 ◦タンク底部にドレン抜コックを設ける。(ディープタンク) ◦タンク底部に専用スラッジタンクを設ける。(ディープタンク) ◦貯蔵タンクはできるだけだけ機関室に近いサイドタンクとする。 ◦加熱媒体温度は160℃以下とする。
	◦タンク内燃料の凝固	◦流動点高い——加熱不足	◦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 ◦排ガスエコノマイザ・ボイラの大型化 ◦排ガススターボ発電システムの蒸気不足	◦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・パラスタタンクと隣接等)	◦蒸気消費量の削減対策 ◦貯蔵タンクの分割配置 ◦貯蔵タンクはできるだけだけ機関室に近いサイドタンクとする。
	◦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 ◦水分の凝縮による船体腐食発生 ◦グレンの発芽 ◦カーゴ(石灰)の発熱	◦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)	◦防熱材施行 ◦コフエーダム設置 ◦貯蔵タンクはできるだけだけ機関室に近いサイドタンクとする。
	◦細粒状・網目状(結晶構造)のスラッジが沈 殿し、流動性が阻害される。	◦ワックス析出によるスラッジ生成(高融点・低融点の両ワックス 融点の中間温度から冷却したり、高温から急冷すると細粒状・網 目状結晶構造のワックスが析出)	◦タンクの加熱管は温度が均一となるように配置し、局部的に高温 にならないように考慮する。 ◦タンク補強材は油の流れを阻害しないよう考慮(特にタンク底部)
	◦測深管の有効性		◦管端部に加熱装置設置が望ましい。 ◦測深管以外の測深装置とする。
	◦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ース施行。

燃料油移送ポンプ		◦ 低温 高粘度油がポンプ内に残留	◦ モータの容量増加に考慮を払う。 ◦ 二重底タンクの蒸気加熱管の設置位置を低くする。 ◦ 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 ・ 抽気能力を有する ・ ドライ運転でも焼き付かない ◦ 移送ポンプは、できるだけ低位位置に取付ける。 ◦ 船体部移送管はパイプトラック内を通す ◦ 船首部に貯蔵タンクを有する場合は、船首部にポンプを設ける。
	◦ 摩耗、焼損	◦ 触媒、堆積物の混入	◦ ポンプ構造の変更を考慮する。 ・ 軸受部を外装式とする。
	◦ 低温、高温腐食	◦ 油中の腐食成分による。	◦ ポンプ材料の変更も考慮する。
	◦ 圧力計取出し管の有効性	◦ 取出し管内の油の凝固	◦ 隔膜式圧力計の採用も考慮する。
	◦ ウェットスラッジの異常析出	◦ 水分との混合安定性不良 ◦ ポンプによる攪拌	◦ なるべく回転数の低い容積型ポンプとする。 ◦ 貯蔵タンクでの水切りを励行する。
	◦ 積込管内滞留部の凝固	◦ 高粘度・高流動点	◦ 滞留部を作らない。 ◦ 滞留部ができる場合(例えば水平配管部)は、スチームトレース施行し、ドレン抜き装置を設ける。
	◦ 吸引管内燃料の凝固	◦ 高流動点——加熱不足	◦ スチームトレースの見直し
	◦ ストレーナ内燃料の凝固(移送管内流動停止時)		◦ スチームジャケット付ストレーナまたはスチームトレース
	◦ ストレーナ閉塞	◦ 水分との混合安定性がある。	◦ 掃除し易くする。
移送配管	◦ 移送管の閉塞	◦ 滞留部の高粘度化	◦ パイプスラインを設け、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、保温を施行し、次の使用時まで許容温度以下にしない。 ◦ 滞留油を抜く(重力・スチーム・圧縮空気等でバージ。低粘度油で置換)

項目	障害・問題点	原因・因果関係	対策
燃料油オーバーフロータンク	・大容量タンクが必要となる。	・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。 (特にタイマ作動ブロー等の場合)	・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。 ・Recovery Tankを新設し、オーバーフロータンク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、水はビルジへ、油は澄タンクにシフトする。 ・H/Lアラームを設ける。
	・スラッジ分のタンク底部固着 ・残留スラッジが大量に堆積	・水分との混合安定性が劣る。 ・貯蔵安定性が劣る。	・タンク内部に仕切を入れ、上澄みをFO系統へ、沈殿部をスラッジまたはビルジ系統に移送する。 ・2重底オーバーフロータンクに直接入れず、ブローオフタンクに導き、上澄み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。 ・タンク加熱コラルの強化、掃除用スチームブロー管の設置 ・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なった後、澄タンクへ移送する。 ・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に移送できるようにする。
燃料油ドレンタンク	・タンクの大容量化	・澄タンク、常用タンクから大量のブローオフが流入(ドレン切りの回数増加)	・ブローオフはドレンタンクに落さず、専用タンク(ブローオフタンク等)に導く。
	・ドレン管内油の凝固	・高粘度・高流動点	・滞留部を作らない。 ・滞留部ができる場合はスチームトレース施行
	・スラッジ分のタンク底部固着	・水分との混合安定性が劣る。 ・貯蔵安定性がある。	・底部スラッジはスラッジポンプにてスラッジタンク等に移送できるようにする。 ・掃除用スチームブロー管の設置 ・掃除の容易な構造とする。

2. 燃料油前処理及びサービシシステム

項目	障害・問題点	原因・因果関係	対策
セリタツン トグク	・スラッジ異常析出	・水分との混合安定性不良 ・混合安定性不良 ・熱安定性不良	・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。 ・沈静時間をできる限り長くしドレン抜き回数を多くする。

セ ット リ ン グ タ ン ク		◦ 残留炭素過多 ◦ アスファルテン過多	
	◦ 沈静時間の増加, 加熱温度の上昇(引火点以上へのタンク加熱)により揮発分の蒸発		◦ 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。
	◦ 密度の増大 $\square \rightarrow$ 沈静時間が長くなる。 ◦ 粘度の増大 $\square \rightarrow$	◦ 水、油の密度差が小さい。	◦ 注入管は注入時にかくはんしないように配置する。 ◦ タンク底板はセトリング効果を考慮して傾斜形又は角錐形とする。 ◦ 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済む様十分な寸法とし、出来るならポンプで吸引させる。 ◦ セトリングタンクは、十分な沈静時間がとれる容量とする。
遠 心 式 清 浄 機	◦ 処理燃料油の高密度化	◦ 封水と燃料油の密度が接近する程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密度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。	◦ 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。 ◦ 密度 0.991 kg/l をこえる時はクラリファイア運転を行う。 ◦ 燃料油および循環水の温度管理を慎重に行う。 ◦ 通油温度の選定には次の2点を考慮する。 ◦ 清浄機運転の場合封水(清水)の加熱温度限界は100℃であるが、蒸発でプレヘatingしない95~98℃以下を選ぶ。 ◦ クラリファイア運転の場合、使用部品の温度限界 ◦ 封水と燃料油の密度が限界点をこえた場合、硫酸マグネシウム(MgSO₄)を添加する。
	◦ 処理燃料油の高粘度化	◦ 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。	◦ 通油量を絞る。 ◦ 油の処理温度を高め、処理粘度を下げる。
	◦ 処理燃料油スラッジの高濃度化。	◦ 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スペースの関係からスラッジ排出のイン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。 ◦ 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小さい空間(約0.5mm)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。	◦ 大容量清浄機の通油量を絞って運転する(みかけのスラッジスペースの増大) ◦ デカンタ等による前処理で清浄機の負担を軽減する。 ◦ 清浄機の下流に2次、3次のフィルターを付ける。
	◦ 処理燃料油のエマルジョン(Stable Emulsion)化による清浄不良	◦ severeな agitation ◦ 燃料油中の水分過多	◦ 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

項目	障 害 ・ 問 題 点	原 因 ・ 因 果 関 係	対 策
遠 心 式 清 浄 機		海水の過大混入	- ける。 - 一定流量で運転する独立の容積型ポンプとする。又はギヤポンプ出口と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。 - 配管のバルブ、ベンドを少なくする。
	清浄不良	(油中に水分混入する) - 密度、粘度又は流量の減少か或いは温度の上昇により、インターフェイスがデイススタックの内側に移動し、ボール内のデイス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。 (水に油が流出する) - 密度、粘度又は流量の増加か或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、重液出口側へ油が流出する。 - 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。 (スラッジ出口に油が流出する) - 回転体シール不足、弁パッキンの損傷、弁シリンダの損傷等による。	- 密度、粘度および流量にマッチした正しい調節板を選ぶ。 - 一定流量で運転する。 - 一定分離温度で運転する。 - 運転・保守管理の強化 ・バラレル運転により通油率を絞る。 ・シリーズ運転(ピュリファイア+クラリファイア) ・スラッジ排出インターバルの短縮 ・部品の取替え
	清浄不能	- スラッジの異常析出、スラッジ過多 - 処理油の乳化 - 高密度	(頻繁な)開放掃除 - 乳化防止剤の投入 - 運転管理の強化
	カタリストファインに対する捕捉率が低い。	FCC粒子が微細である。	- 通油率を絞る。 - FCC混入を予知する。
	スラッジ異常析出	- 水分との混合安定性不良 - 混合安定性不良 - 熱安定性不良	- タンク底部を傾斜させる(スラッジ堆積防止)。 - 油取入管部は取入油により内部油が攪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) - 油取出口は上澄油を取出す。(浮遊式取入口、多段弁式) - オーバーフロー管はタンク底部迄延長 - 自動水、スラッジ排出(タイマ或は水検知器による) - 加熱性を引抜き式とし堆積スラッジの掃除を容易にする。 - タンク桶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。
A切置 ／ 換 C装	切換経過時間設定 C 重油の加熱温度の高温化に伴い、AーC	高粘度	切換時間を長くする。

A切置 ／換 C装	重油の温度差大となり、噴射ポンプのステ イック、A重油のベーパーブロック等の発生		
Aブ レ ン ダ C1	。ユニット閉塞(スラッジ析出) 。ブレンッドタンク内スラッジ発生	。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	。前処理工程での夾雑物の除去 。混合安定性の確認(試験法の確立、試験器の開発) 。ブレンッド油サービスタンを廃止しIN-LINE MIXERでMTXING後直接ENGINEに供給 。船上ブレンッドでなく1500秒程度の発電機用FOを直焚をする。
F O 流 量 計	。閉塞 。焼付き 。固着	。水分の混入 。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 。灰分過多 。スラッジのかみ込み	。軸受外部潤滑 。要部材質の変更(ステンレス鋼等) 。外置部材質の変更(") 。回転子構造の変更 。非接触型の採用
リ タ ー ン チ ャ ン パ	。FOの溢出 。モイスチャージャー増大	。水分過多 。FO加熱温度の上昇	。リターンチャンパおよび前処理行程で充分水分除去を行う。 。エアベントラインにドレンセパレーター設置 。主機戻り油管中に空気分離器の設置 。サービスタンク加熱温度を下げる。 。主機戻り油管中に冷却器を設ける。 。加圧密閉サイクルの採用
燃 ブ ー ス タ ー 料 油 ポン プ	。異常振動、騒音及びエロージョン 。異常摩耗、焼損 。焼付け 。固着	。高温のためベーパーブロック、キャビテーションを起こす。 。燃料中の夾雑物の増加 。高粘度油と低粘度油の切替使用の際、熱垂を生じて芯の歪みを起す。 。温度による伸縮の影響	。押し込み圧力を上げる。 。加圧クローズドシステムとする。 。ポンプの回転数を下げる。 。清浄強化：清浄機並列運転等 。70℃以上で使用する場合、ケーシングとの温度差が40℃以上ある油を急激に供給しない様にする。
主 機 用 燃 料 油 加 熱 器	。閉塞	。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。	。スラッジの溜らない構造とする。 。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。 。開放・掃除の間隔を短縮する。 。開放・掃除の容易な構造とする。
	。エレメントの腐食	。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。 。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。	。エレメントの交換 。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

項目	障害・問題点	原因・因果関係	対策
主燃加 燃料油 用油器			食の程度と硫黄の含有率とは比例しない。
	・閉塞 ・逆洗間隔の異常短縮	- 安定性の劣る燃料は貯蔵中にスラッジを発生し易い。 - 熱安定性の劣る燃料は、ヒータ内でスラッジを生成し易い。 - 親和性の悪い燃料同様が混合された場合、多量のスラッジを生成し易い。 - 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を多く含有しているケースが多い。 - 清浄不良の場合の数μmのFCC触媒粒子による閉塞。	- 開放・掃除間隔の短縮 - 清浄機の管理強化 - セトリングタンク、サービスタングのドレン切りの自動化 - 計面時点より通過面積出を大きくする。 - 重油添加剤の使用
	・FCC触媒粒子の通過	5μ~10μmの粒径の触媒粒子がエンジンに悪影響を及ぼすが、これを除去できる細かい目のこし器を使用できる様な配管としておく。	FCC触媒検出器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、5μ以下の細かい目のこし器を使用できる様な配管としておく。

3. 燃焼・スラッジ処理システム

項目	障害・問題点	原因・因果関係	対策
燃料供給、噴射系統	・ベーパーブロック	水分、低沸点成分の蒸発	- 水の除去 - 燃料油加熱温度の調整 - 給油ポンプ圧力上昇や高圧器の設置
	・燃料噴射管破損	燃料油粘度の過大	燃料油加熱温度の調整
	・燃料噴射ポンプおよび燃料弁のスチック、摩耗腐食	- 燃料油中の灰化物や灰分、特に硬質のFCC触媒粒子の混入。 - 高温燃料油の使用に不適當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	- 前処理による有芯な灰化物及び水の除去 - 燃料加熱器の熱負荷低減 - 軟質スラッジの均質分散 - ポンプ及び燃料弁の構造、材質の改善(摺動部のクリアランスの見直し、耐磨耗性の向上など) - ポンプ内を流れる燃料油圧力とプランジヤ温度を適正に調整し、燃料ポンププランジヤの破付を防ぐ。 - ポンプ内燃料油圧力の急激な圧力変化をさけてキャピテーションエロージョンを防止する。
	・燃料弁の燃料油噴霧不良	- 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	- 燃料油の適正粘度の確保 - 燃料弁の構造、材質の改善(噴口の適正化、弁シートとノズルの

燃料噴射供給系統		- 燃料弁へのカーボン付着 - 燃料弁要部の摩耗	- 耐摩耗性向上など) - 燃料噴射システムの改善(噴射圧を上げ短時間に噴射、二次噴射の防止など) - 固形スラッジを極力除去する。 - 軟質スラッジの均質分散	- 燃料弁の噴射圧を上げ短時間に噴射、二次噴射の防止など) - 固形スラッジを極力除去する。 - 軟質スラッジの均質分散
燃焼性能	- 着火遅れ - 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 - Pmax 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、残炭、窒素の成分増加に伴う燃焼性能低下(燃焼期間が長くなる。長火炎化黒煙発生など)および着火性能の低下。 - あと燃えおおよノッキングに伴う燃焼室の温度上昇 - 水の混入はアスファルテンや芳香族成分などの燃焼遅れを助長する。 - 燃焼速度の低下による熱発生パターンの悪化と有効燃焼効率の低下による燃料消費率の増大 - 燃料油の霧化不良	- A 重油による起動 - 燃料油の適正粘度の確保 - 空気冷却器、シリンダおよび燃料弁冷却水温度の適正化 - 起動時および低負荷運転時に対する空気加熱器の設置 - 助燃剤の使用 - 低負荷運転に対する負荷制限 - 燃料噴射時期の適正化及び燃料油の微細化(噴霧) - 掃気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 - シリンダ内圧縮比と Pmax の適正化 - その他燃料噴射改善対策の実施 - 燃料油中の水分、給気中のドレン除去	- A 重油による起動 - 燃料油の適正粘度の確保 - 空気冷却器、シリンダおよび燃料弁冷却水温度の適正化 - 起動時および低負荷運転時に対する空気加熱器の設置 - 助燃剤の使用 - 低負荷運転に対する負荷制限 - 燃料噴射時期の適正化及び燃料油の微細化(噴霧) - 掃気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 - シリンダ内圧縮比と Pmax の適正化 - その他燃料噴射改善対策の実施 - 燃料油中の水分、給気中のドレン除去
燃焼室、排気系統の汚れ、摩耗および焼損(焼食)	- ピストン・リング異常摩耗、切損 - シリンダ・ライナ異常摩耗、焼損、クラック - シリンダ・ライナ／ピストン・リング間のガスの吹抜け、スカッフイング、焼付 - ピストン・スカートのスカッフイング - ピストン・クラウン焼食 - 燃料弁のカーボンフラワ - 排気弁の吹抜け、スチック - 排気温度上昇 - 掃気室火災 吸、排気ポート縁の汚れ増大 - 過給機サージング - その他燃焼室、排気系統汚れ	- 未燃カーボンや灰分の燃焼室や排気系統への付着堆積により、シリンダ・ライナ、ピストンリング等摺動部の異常摩耗、排気弁弁座への吹き込みによる吹抜け、燃料弁のカーボンフラワ生成、過給機タービン汚れによるサージングやケーシングのエロージョン発生高残炭燃料油やオイルスラッジ燃焼によるカーボン堆積の増大。燃料中の残炭分の量そのものよりも残炭分を生成する炭化水素の性質や量によってカーボン生成量が変わり、又硫黄分がカーボン生成の反応促進作用をすると考えられる。 - 触媒粒子であるアルミナ・シリカの混入によるシリンダ・ライナ、ピストンリングなどの異常摩耗 - 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、シリンダ・ライナ／ピストン・リング間でのガス吹き抜けが起きる。 - 燃料油密度増加、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、シリンダ・ライナ壁やピストン・リング近くまで火炎が到達し、その表面温度が上昇する。又、シリンダ潤滑油の劣化を早め、カーボンの生成、デポジットを生じてピストン・リング摩耗、切損、シリンダ・ライナ摩耗、吹抜けを生じる。	- ピストンクラウン、ピストンリングおよびシリンダライナについて - シリンダ油の清浄分散性能強化およびCa塩の弊害を少くする。 - 構造、冷却方法および材質改善(耐熱負荷性能向上、硬度および強度の向上、冷却水温度の適正化など) - 排気弁について - シリンダ油のCa塩の弊害を少くする。 - 構造、冷却方法および材質改善 - 潤滑油の性能向上 - 過給機について - シリンダ油の適正注油(特に低負荷域) - きめ細かな水洗 - 燃料中のNa(海水)除去 - 過給系改善による排気温度低下 - その他燃焼改善対策実施	- ピストンクラウン、ピストンリングおよびシリンダライナについて - シリンダ油の清浄分散性能強化およびCa塩の弊害を少くする。 - 構造、冷却方法および材質改善(耐熱負荷性能向上、硬度および強度の向上、冷却水温度の適正化など) - 排気弁について - シリンダ油のCa塩の弊害を少くする。 - 構造、冷却方法および材質改善 - 潤滑油の性能向上 - 過給機について - シリンダ油の適正注油(特に低負荷域) - きめ細かな水洗 - 燃料中のNa(海水)除去 - 過給系改善による排気温度低下 - その他燃焼改善対策実施

項目	障害・問題点	原因・因果関係	対策
腐食	高温腐食 ・排気弁、ピストンクラウン、過給機ノズルなど	・燃料中のV、Na、Sの化合物が共同して低融点の灰分を形成し、高温域に付着溶融し、金属面を蝕しく腐食させる。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℃以下の融点をもつ灰分を形成する。	・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、弁座弁座冷却方法改善 ・燃焼改善対策による熱負荷軽減
	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 ・過給機ケーシング	・燃料中のSが燃焼によって SO_2 となり、その1～5%が SO_3 となつて、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。 ・低温腐食は硫酸の露点より20～30℃低い温度、すなわち燃料油中の硫黄含有量により100～120℃位の間の間が最も激しい。	・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、タイムリーな注油、機関停止後の注油など) ・耐食材料、メッキおよびコーティングの採用 ・排気弁弁座注油の適正化(アルカリ価、量など) ・燃料油中の水分、給気中のドレン除去
スラッジタンク	・スラッジ発生量増大	・水分との混合安定性不良によるウェットスラッジの大量発生 ・燃料油の貯蔵、混合安定性低下によるスラッジの大量発生	・貯蔵、移送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) ・スラッジ・タンクの容量決定方法を見直す。 ・焼却設備を設ける。(ボイラ又は焼却炉)
	・タンク内でのスラッジの凝固	・流動点の上昇	・加熱設備を設ける。
スラッジ移送ポンプ	・空運転(吸込不能)	・配管抵抗を減少させるため配管径を大きくした場合、抽気時間が長くなる。 ・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。	・低回転数のポンプ選定 ・出来るだけタンクの近くで低い位置にポンプを据付けろ。
	・接触部の異常摩耗および腐食 ・駆動モータの過負荷	・FCC触媒粒子の混入 ・高粘度又は凝固	・接触部の保護強化(耐摩耗材料) ・モータ出力の見直し
補助ボイラ及び焼却炉	・燃焼状態の悪化および長炎化、着火不良、失火	・燃料油の粗悪化に伴うスラッジの燃焼性能低下 ・水の混入	・燃料油の適正粘度の確保 ・適正な空気過剰率の確保 ・火炉燃焼負荷低減(火炉容積増大) ・燃料油とスラッジの混合燃焼 ・燃料油による助燃(マイロットバーナ又はF.O.バーナによる) ・水の分離除去

補助ボイラ及び焼却炉	- 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 - 触媒粒子の混入によりバーナチップの摩耗増大	- 燃料油の粗悪化に伴うスラッジの粗悪化 - 火炉放射熱による炭化	- 蒸気噴霧式又はロータリバーナの採用 - 炭油バーナを独立に設け、メインテナンスしやすくする。(補助ボイラによる焼却の場合) - バーナ部をヒンジ取付とし、メインテナンスしやすくする。
	伝熱面の汚れ、炉内レンガ等の損耗増大	- スラッジ中の灰分増加 - 燃焼不良による煤発生 - 火炎が長くなることによる炉壁焼損	- 除煤剤投入装置の設置 - 掃除点検のため炉内へ容易に人が入れる構造 - スートプロワの強化 - その他燃焼改善対策の実施
	大量の灰の発生	スラッジ中の灰分増加	掃除のため炉内へ容易に人が入れる構造又は容易に炉外へ灰を取らせる構造
焼却設備へのスラッジ供給設備	- ヒータの汚れ、閉塞 - こし器の目塞り - パイピング内での流動性低下および凝固	燃料油の粗悪化に伴うスラッジの粗悪化	- ヒーター - 局所過熱を避けるため蒸気加熱式(ピンチューブ又はベアチューブ)ヒータ採用 - ラインヒータ設けない場合は炭油タンクに蒸気加熱管を設ける - 伝熱面積を大きくとる(余裕増大) - ストレーナ - 通過面積を大きくする。 - バイピング - スチーム・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。 - 滞溜部にドレン抜きを設ける。
	スラッジ供給ポンプ接液部の摩耗	触媒粒子の混入	接液部において摺動部の無い又はすべりの少ないポンプの採用(ねじポンプ、欠円ギヤポンプなど)

4. 潤滑油性能及び管理

項目	障害・問題点	原因・因果関係	対策	備考
酸中和性 (低速シリン 油 中速システ ム油)	低温(硫酸)腐食によるピストンリング、シリンダライナ、バルブステム等の異常摩耗 燃料油中の硫黄量は今後Max 5 wt 多程度まで上昇すると考えられており、また、サイクル効率(燃費)を向上させるため	燃料油中の硫黄化合物が燃焼室内で燃焼しSO ₂ ガスを発生し、SO ₂ ガスは酸化されSO ₃ (無水硫酸)となる。さらに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リング及びライナなどの金	・高TBN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、シリンダ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、

項 目	障 害 ・ 問 題 点	原 因 ・ 因 果 関 係	対 策	備 考
	Pmaxも上昇するので、シリンダ内の硫酸の露点温度も上昇し、硫酸の生成量が増加。	腐表面を酸腐食させる。		燃焼室周りの清浄性の面で不利であり、低粘度基油は燃焼室内での蒸発減量が多く、潤滑油消費の面で劣る。 (注3)
清浄分散性 (低速シリンダ油 中速システム油)	燃焼室まわりの堆積物の増加 (i) リンゲ及びびライナの異常摩耗(含スカフリング) (ii) リンゲのスティック、ブローバイ、折損 (iii) 排気弁寿命の低下 アンダークラウニングのコーキング 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。	燃焼不良による不完全生成物の増大及び燃焼温度の上昇による熱、酸化物の増加	- 無灰系清浄剤の添加 - 合成基油の使用(但し高価) - 熱分解特性をもつ基油及添加剤の活用 - 清浄剤と分散剤の適正な選択と配合	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、高温での耐荷重性が低下するという報告がある。 (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ナフテネー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。 (注5)
耐荷重性 耐摩耗性 (シリンダ油) (システム油)	スカフフィング、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、リンゲ及び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、リンゲ及び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りの油膜厚さは薄くなる。 水エマルジョンの混入	- 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検討(注3) - 摩耗防止剤(ZDTP)の使用 - 極圧剤レベルの適正化によりアルカリ価を下げることができる。	特に無灰系の清浄剤は分散性が強いので、添加剤の組み合わ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(シリンダ油)	ライナの摩耗(クロオーバーリーフィング) およびそれに基づくブローバイ、スカフフィング	油膜のひろがり性の劣るシリンダ油を使用すると、注油孔間のライナが選択的に腐食される。	- Caナフテネート系清浄剤の優先的使用(注4) - 適切な注油量、注油時間、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増加 添加剤の粗粒化による塩基価低下および不溶分の増加 重質化に伴わない、清浄剤の添加量は増加させなければならないか、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)	硫黄化合物の増加 無灰型添加剤の過多	- 適正な添加剤の組み合わせ - 清浄機の通油量の減少	

酸化安定性 (システム油)	粘度の上昇 アンダークラウンのコーキングし器・ 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。	FO中の残炭アスファルテン分の増加に よる燃焼温度の上昇	- 合成基油の使用 - 適正な酸化防止剤(ZDTP)の選定	
清浄方法	- 清浄機能の不足およびそれに伴う軸受の早期摩耗・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パラレルに1回通油する方が効果がある。(注2) - 中速ではIPS当り1ℓ/hの清浄機容量とする。	(注1) ろ過精度についても軸受寿命から考えて、現状の30～50μmよりさらに向上させるべきと考えられる。 (注2) 清浄機の呼称容量の25～50%絞り運転した時の容量とする。 (注3) 簡易分析方法及油性状自動検知方法が課題である。
性状管理	- フィルタの閉塞、強度不足 - 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。	同 上	- 処理容量の増大(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	
更給油管理	- サンプタンクの容量不足 - セトリングタンクの容量・形状の不適 - 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。	同 上	タンク容量の増加	
スラッジ処理	- 汚損・劣化度の促進によるサンプリング回数の増加・はん雑さ - 潤滑油の早期交換	- 酸化劣化の促進、汚損 - 給油及び更油遅れ	- 昇温顕微鏡法による清浄分散剤の分散性評価 - 効果的な清浄処理 - 酸化安定性の向上	
その他	潤滑油性能の早期低下	性状の船内チェック方法がない。	- スラッジタンクの容量増加 - 効果的な燃焼廃棄	簡易分析器又は自動油性状監視装置の設置(注3)

第4章 ディーゼル機関及び周辺システムの設計条件と限界仕様

1. ディーゼル機関

主要な機関メーカーに対して行ったアンケート結果によれば、現状のエンジンにおける燃料油の限界性状は次のとおりである。

表 1.4.1 現状のエンジンにおける燃料油の限界性状

	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	ISO RM55H	3,500 秒油 の一例 *
◦粘度, sec. RW No 1 / 100 °F	6,000(1)	1,500(2), 3,500(8), 4,000(1), 6,000(1)	55cSt at 100°C	388cSt at 50°C
◦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)	—	8.4
◦残炭, % wt	15(3), 18(4), 20(4)	10(4), 12(3), 14(1), 15(3), 18(1)	22	13.2
◦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)	0.20	0.044
◦S, % wt	4(1), 5(10)	3(1), 3.5(4), 4(7)	5.0	2.4
◦V, ppm	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)	600	—
◦Al (触媒粒子を含む), ppm	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)	30	—

注) * 出典：燃料油に起因すると推定される障害について(その4) [船舶通報E— 185 (58年4月発刊予定)], 日本船主協会

上表のアンケート結果のごとく、現状のエンジンにおける燃料油の限界性状は各機関メーカーおよび、製作機種によって異っており、限界性状を一義的に定めることはできない。

2. 燃料油前処理装置

現状の燃料油前処理装置の限界仕様は56年度に行なったアンケート結果によると次のとおりである。

項 目	ISO—RM55H	* 3,500 秒油の一例	清 浄 機	こ し 器
粘 度	55 cSt at 100 °C	約 388 cSt at 50°C	600 cSt at 50°C	600 cSt at 50°C
除 去 粒 径	—	—	比重 1.8 なら 2 μ 以上 触媒粒子は約 5 μ 以上	逆洗式では 10~25 μ 以上 吸着式では 2~3 μ 以上
処 理 流 量	—	—	定格の 40% 程度	逆洗式では 10~30 m ³ / h 吸着式では 10~24 m ³ / h
密 度	0.991 kg / ℓ 以下	約 0.9814 kg / ℓ	0.991 kg / ℓ at 15 / 4 °C	規程なし

注) * 船舶通報E— 185 (58年4月発刊予定)

3. 燃料油添加剤

船用燃料油の添加剤は、多くの種類が市販されているが、適用燃料油の種類、対象機器、投入量、その他使用上の注意点など各添加剤メーカーへアンケート調査を行いその調査結果を取まとめた。

アンケート調査は、7社のメーカーへ行ったが、その内、4社から回答があった。

調査の結果、スラッジの分離、抑制、分散を主体とした添加剤が最も多く、次に油水分離剤、助燃煤煙防止剤、高温腐食防止剤の順となっている。

また、3,500秒油に効果のあるものは、6,000秒油にもほとんど同様の効果があると回答があったものが多く見受けられた。

6,000秒油に適用する場合、その投入量は、3,500秒油に比べて1.5～2倍としているものが多い。

添加剤の必要性については、障害が発生する前から、あらかじめ予防のために、投入しておくことを推奨しているメーカーが多い。

効果の判定は、添加剤を使用した後、各機器の運転保守、開放点検結果により判断する方法が一般的であり、定量的にその効果が基準化されたものは少ない。

添加剤の必要性と効果は、燃料油の性状によっても異なり、一義的に決定することは非常に難しいが、今後、燃料油の積込前に、油の性状分析等により適正な添加剤の選定と投入量が選択できるような基準を整備する必要があるだろう。

燃 料 油 添 加 剤

用 途 (目的)	添 加 剤 名 称	通 用 燃 料 油			対象機器と効果	投 入 量 (6,000 秒油にて)	そ の 他
		3,500 秒	6,000 秒	種 類			
ス ラ ッ ジ 分 離 抑 制 分 散	DIESEL LOL-280	○	○	全てのFO	F.O.タンク、清浄機、コ シ器の汚れ防止	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{4,000}$	アスファルテン、残炭多い 時
	DIESEL LOL-2103	○	○	"	同 上	補油時 $\frac{1}{1,000} \sim \frac{1}{4,000}$	油水分離、Al-Si 凝集効 果もあり
	GAMLENOL 75C-D	○		"	同 上	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{4,000}$	助燃、低温ふ食防効果もあ り
	GAMLENOL×379B	○		"	同 上	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{4,000}$	同 上
	ネオス # 451	○	○	分解油	同上 (スラッジ発生堆積 減少)	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{1,000}$	
	ネオス 451-U	○	○	"		$\frac{1}{1,000} \sim \frac{1}{2,000}$	油水分離効果あり 油水分離剤との併用不可
	ネオス 551	○	○	"		$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{2,000}$	油水分離剤、凝集剤との併 用不可
	ネオス 55-S	○	○	全てのFO	同 上	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{2,000}$	同 上
	ネオス 35-S	○	○	分解油	清浄機内スラッジ改質、タ ンク内水分離	$\frac{1}{1,000}$	水分離、Al-Si 凝集促進あ り
	YUNIC-500D	○	○	全てのFO	F.O.タンク、清浄機、ヒー タ内汚れ防止	$\frac{1}{3,000}$	油水分離剤、凝集剤との併 用不可
	クリトニックMD-C	○	○	分解油	同 上	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{1,000}$	水溶性油水分離剤との併用 不可
油 水 分 離	クリトニック-101	○	○	"	同 上	$\frac{1}{1,000}$	同 上
	クリトニックAS-16	○	○	AC混合油	ブレンド、清浄機のスラッ ジ防止	$\frac{1}{500}$	
	GAMA BREAK	○		全てのFO	F.O.タンク、清浄機内の水 分離	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{2,000}$	Al-Si凝集効果あり
	GAMA BREAK 110K	○	○	"	"	$\frac{1}{5,000} \sim \frac{1}{1,000}$	同 上
	ネオスEB-10W	○	○	油含有水	バラストタンク内の油水分 離	$\frac{1}{1,000}$	比重 0.99 以下のFO
	ネオスEB-30	○	○	全てのFO	F.O.タンク、清浄機の水分 離	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{1,000}$	エマルジョン燃料安定剤と の併用不可
	YUNIC-300	○	○	"	"	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{2,000}$	分散剤との併用不可
助 燃 及 煤 煙 防 止	クリトニック-EB	○	○	"	"	$\frac{1}{1,000}$	
	クリトニックTCA	○	○	全てのFO	F.O.タンク、清浄機内の水 分離	$\frac{1}{1,000}$	
	DIESEL LOL297	○	○	全てのFO	エンジン内、排ガス系、煤 煙防止	$\frac{1}{2,000} \sim \frac{1}{4,000}$	助燃、防食、スケール防止 効果あり
	DIESEL LOL1268	○	○	"	ライナ、ピストンの汚れ防止	$\frac{1}{3,000} \sim \frac{1}{6,000}$	" " "
	ネオスMg-S、U	○	○	"	燃焼系排ガス系の汚れ防止	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{3,000}$	防食、システム油老化抑制 あり
	ネオスBa-S、U	○	○	"	未燃カーボンの燃焼促進	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{1,000}$	油水分離剤との併用不可
	ネオス # 951	○	○	"	同 上	$\frac{1}{1,000}$	スケール付着防止効果あり
	YUNIC-500M	○	○	"	燃焼装置の汚れ防止	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{2,000}$	スラッジ分散抑制効果あり
低 温 ふ 食 防 止	YUNIC-600AS	○		A、C油	燃焼装置煙道汚れ防止	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{2,000}$	
	クリトニックエコノ-3B	○	○	全てのFO	排ガス系汚れ防止	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{1,000}$	燃焼促進
	DIESEL LOL1268	○	○	"	排ガス系低温ふ食防止	$\frac{1}{3,000} \sim \frac{1}{6,000}$	高温ふ食スケール防止効果 あり
高 食 温 防 止	ネオスMg-S、U	○	○	"	"	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{3,000}$	同 上
	クリトニック 201	○	○	分解油	燃焼室排気弁、T/C、排エ コの防食	$\frac{1}{1,000}$	同 上
ス ル 防 け 付 け 止	DIESEL LOL-MS	○	○	全てのFO	ピストン、ライナ、排気弁 の高温ふ食防止	$\frac{1}{2,000} \sim \frac{1}{4,000}$	スケール付着、低温ふ食防 止も可
	クリトニック 201	○	○	分解油	燃焼室排気弁の防食	$\frac{1}{1,000}$	低温ふ食防止効果あり
防 か び	DIESEL LOL-MS	○	○	全てのFO	ピストン、ライナ、排気弁 の摩耗防止	$\frac{1}{2,000} \sim \frac{1}{4,000}$	高温ふ食防止効果あり
	YUNIC-60BA	○	○	ボイラC油	ボイラ内、S/H、A/H のスラブ付着防止	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{1,000}$	高低温ふ食防止も可
	DESTOL-F	○	○	全てのFO	F.O.系防カビによるスラ ッジ防止	$\frac{1}{500} \sim \frac{1}{1,000}$	アニオン系活性剤との併用 不可

4. 潤滑油性能

昭和56年度の報告に記載した各エンジンメーカーへのアンケート調査結果をベースとして、その加重平均値を潤滑油の仕様を指針としてとりまとめた。

6,000 秒燃料油の潤滑油仕様は機関メーカーによって多少異なるが、3,500 秒油と比べてクロスヘッド機関は、シリンダ油の全塩基価が高くなっている以外に、3,500 秒油とほぼ同じである。トランクピストン機関では、システム油とシリンダ油を兼用する機種が多く、システム油にも全塩基価が高く、水分の低い油性状が要求される。また、油の汚れも激しいことから清浄回数増加、清浄機の通油量の減少など清浄対策が考慮されている。

今後、燃料油の粗悪化によって燃料は着火し難く長火炎となり燃焼残渣物や腐食生成物が増し、潤滑油も劣化しやすくなるが、これとともにその保守管理に要する手間も増す傾向にある。この手間を軽減させ、長期間の使用に耐える性能を確保するには、熱安定性と酸化安定性の向上、清浄分散性、耐腐食性を増す必要がある。

これに対処するには、基油選択技術と添加剤配合技術向上に加えて、鉱油系潤滑油以外に安価な合成油の研究開発も望まれる。

油種	項 目	F O 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%)
シ ス テ ム 油	推 奨 仕 様	比 重 (15/4℃)	0.9	0.9	0.9	0.9
		粘 度 (cSt 100℃)	10～11	10～11	11～15	11～16
		粘 度 指 数	90～95	90～100	95～100	95～100
		硫 酸 灰	—	—	—	—
		全塩基価 (mg KOH/g)	5～10	5～12	20～30	30～50
		SAE 粘 度 グ レ ード	30	30	30～40	40
		消 費 率 (g/PS/h)	0.1～0.15	0.1～0.15	0.6～1.0	0.6～1.2
		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				
	交 換 基 準	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℃)	±10	±10	±25	±20～25
		引 火 点 (PM℃)	150	130	150～180	150～180
		水 分 (vol%)	0.2～1.0	0.2～1.0	0.2～0.5	0.1～0.2
		全 塩 価 (mg KOH/g)	1.0	1.0	1.5～2.0	1.5
		塩 基 価 (")	1.0～2.0	1.0～2.0	2～2.5	2～2.5
		N-ペンタン不溶分 (%)	2.0	2.0	2～3	2～3
		ベンゼン不溶分 (%)	0.5～1.0	0.5～1.0	0.5～1	0.5～1
		強 酸 価 (mg KOH)	0	0	0	0
		そ の 他				
シ リ ン ダ 油	推 奨 仕 様	(注) ベンゼン不溶分は、N-ペンタン不溶分との差を示す				
		サンプタンク容量 (ℓ/PS)	1.2～1.5	1.2～1.5	1～2	1.5～2
		清 浄 回 数 (回/日)	2.0～3.0	2.0～3.0	3～4	4～5
		フ タ イ ル	全 量 式 (μ)	50	30	
			側 流 式 (μ)	1	3～5	2～3
		清浄機通油量(公称能力比%)	30～60	30～60	30～50	20～30
		清 浄 機 性 能 (μ)	—	0.5～1	—	0.5～1
		そ の 他				
シ リ ン ダ 油	推 奨 仕 様	比 重 (15/4℃)	0.94	0.94	0.92～0.94	
		粘 度 (cSt 100℃)	16～18	16～18	12～13	
		粘 度 指 数	80～100	80～100	70～96	
		硫 酸 灰	—	—	—	
		全塩基価 (mg KOH/g)	60～80	70～100	40～60	
		SAE 粘 度 グ レ ード	40～50	50	30～40	
		消 費 率 (g/PS/h)	0.6～0.8	0.6～0.8	0.6～1.0	
		選 定 基 準	(FO中のS分含有率)		(FO中のS分含有率)	
シ リ ン ダ 油	推 奨 仕 様	そ の 他	FO中のS分含有率が低い場合は低TBNとする。			

第2編 超粗悪燃料油使用のための実験研究

第1章 試料油の性状と来歴

試料として用いたものは燃料油、潤滑油及びそれらの清澄機スラッジである。燃料油は、

- ① 市場に出回っている国内産のC重油
- ② 将来型燃料油として特別に製造された燃料油
- ③ ディーゼル主機用に船積されたC重油

に大別できる。潤滑油は、

- ① 市販のタービン油(新油)
- ② 試験用ディーゼル機関に使用したエンジン油

に分けられる。燃料油と潤滑油の試料呼称、基材、一般化学性状及び熱的性質を表2.1.1、表2.1.2に示す。

試料油の遠心清浄処理はスラッジ採取上の都合で水を入れない清澄処理とした。表2.1.1、表2.1.2中の清澄条件(P0～P5)の内容は表2.1.3に示した。

採取したスラッジの量、比重、化学・性状を表2.1.4に示す。1)、2)

各試料油の簡単な来歴を表2.1.5に示す。

F1とVB1は同時期に同じ製油所で製造されたものである。VB1とVB2はビスブレーカーボトムを基材としている点が共通しているが、性状はかなり異なる。VB1はトルエンに不溶な球形の粒子を多く含んでおり、C/H比が高く、かなり苛酷な熱分解を受けたものと推定される。一方VB2はこの様な粒子はほとんどない。VB3はVB1と同じ製油所で製造されたもので性状も似ている。

F1～F4はF.C.C.残渣を基材の1つとしており、油中にF.C.C.触媒の破片が見られる。

A4、F4、L-Tは第4章の試験にのみ用いた。

なお、S1～S5は船舶技術研究所の御好意により入手できたものである。

第4章以降に用いた試料A、B、Cは、ここで示したA4、F4、L-Tに相当する。

表 2.1.1. 燃料油の性状 (1 / 2)

Background	Current Fuel	Blended for Experimental Use											
Main Components	Atmospheric Residue	Visbreaker - bottom & F.C.C. Light Cycle Gas Oil				Visbreaker - bottom & F.C.C. Tar & F.C.C. Light Cycle Gas Oil							
		A 1	A 2	A 3	A 4	V B 1	V B 2	V B 3	F 1	F 2	F 3	F 4	
Fuel No		P 1	P 1	P 5		P 1	P 1	P 5	P 1	P 2,3,4	P 5		
Condition of Clarification	15/4 °C	0.9602	0.9540	0.9528	0.9042	1.0049	0.9891	1.0026	1.0366	1.0226	1.0275	1.0203	
Specific Gravity	50 °C	142.3	176.4	172.5	137.6	775.5	440.9	664.4	761.3	681.5	658.7	248.9	
	100 °C	18.41	22.50	22.88		50.96	36.87	47.66	45.10	42.45	40.49		
Flash Point	°C	116	94		+45	75	75	49	73	75	62	-7.5	
Pour Point	°C	-7.5	-7.5			-2.5	-7.5		-5	-2.5			
Conradson Carbon	wt%	9.94	11.1			18.2	18.0	17.6	17.7	17.7	17.9		
Ash	wt%	0.01	0.02			0.06	0.02	0.04	0.04	0.06	0.07		
Water	wt%	0.08	0.0			0.01	0.01	Trace		0.05	Trace		
Sediment	wt%							Trace			0.08		
Sulphur	wt%	3.04	2.52			3.45	3.60	3.73	3.00	3.46	3.30		
N	wt%	0.45	0.40			0.69	0.47		0.48	0.20			
NaCl	wt%												
Vanadium	PPM	63	85			135	183	97	87	95	92		
Na	PPM	66	15			35	39	20	38	20	21		
Si	PPM		2				5	9	96	299	140		
Al	PPM		2				1	2	18	53	22		
C/H Ratio	wt Ratio	7.36	7.45			8.34	7.89		9.52	8.90			
Car-grific Value (Net)	Kcal/Kg	9680	9820			9550	9520		9450	9460			
(Gross) Kcal/Kg		10290	10420			10100	10100		9950	9970			
n-Hexane Insoluble	wt%	6.35	7.44			11.89	15.41	10.38	11.50	10.71	9.86		
n-Heptane Insoluble	wt%	0.20				0.07	0.10		0.12				
Toluene Insoluble	wt%												
Asphalten	wt%	4.54	4.31			9.57	11.0	10.34	7.91	8.05			
Xylene Equivalent		15-20				50-55	70-75		45-50				
Aniline Point	°C	73	71			71	67		67	72			
Diesel Index		25.0	26.8			13.9	18.2		6.8	10.4			
Cetane Index													
Heat Conductivity	Kcal/m/h/°C				0.132							0.115	
Specific Heat	Kcal/Kg/°C				0.512							0.430	
Thermal Expansion Coefficient	1 / °C (X10 ⁻³)				0.74							0.55	
Apparent Latent Heat	Kcal/Kg				8.3								

表 2.1.1 燃料油の性状(2 / 2)

Background		Bunkered Fuel				F.C.C. Slurly
Bunkered Port		Los Angels	Los Angels	Sea-ttle	Port Eliza-beth	
Bunkered Date		1981. 4. 7	1981. 4.23	1981. 4.25	1981. 5. 9	
Sampled Date		1981. 5.25	1981. 5.14	1981. 5.14	1981. 6.10	1981. 5.12
Sampling Point		Stora-ge Tk	Stora-ge Tk	Settl-ing Tk	Stora-ge Tk	
Fuel No		S1	S2	S3	S4	S5
Condition of Clarification		P5	P5	P5	P5	
Specific Gravity 15/4 °C		0.9630	0.9735	0.9805	0.9815	0.9893
Viscosity	50 °C	271.5	268.0	256.1	290.6	19.55
	100 °C	24.58	24.52	23.84	28.93	4.35
Flash Point °C		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
Sulpher	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
Vanadium	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 (G) Kcal/Kg		10650	10560	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
Asphalten		2.45	4.14	3.22	5.28	0.47
Xylene Equivalent °C		16-20	16-20	16-20	21-25	>100
Aniline Point °C		66	59	72	69	61
Diesel Index		23.3	19.3	20.6	19.6	16.2
Cetane Index		39	36	35	33	30

表 2.1.2 潤滑油の性状

Background			Turbine Oil	Engine Oil Used On Medium Speed Diesel Engine		
Sample No			L - T	% L - A2	L - VB2	L - F2
Condition of Clarification				P 0	P 0	P 0
Specific Gravity 15/4 °C			0.8628	0.9137	0.9086	0.9108
Viscosity	40 °C	cst	20.42	153.9	159.5	169.7
	50 °C	cst				
	100 °C	cst		15.33	15.48	17.06
Viscosity Index				101	98	108
Flash Point		°C		166	200	208
Pour Point		°C		-22.5	-25	-20
Conradson Carbon		wt%		4.07	3.37	3.82
Sulphate Ash		wt%		2.93	3.14	3.34
T. A. M.		mgKOH/g		1.24	1.26	1.78
T. B. N.	JIS K - 2502	mgKOH/g		13.3	15.6	14.8
	JIS K - 2500	%		22.2	24.3	24.8
Insoluble - A	n-Heptane	wt%		0.14	0.07	0.65
	Toluene	wt%		0.11	0.06	0.55
Insoluble - B	n-Heptane	wt%		0.53	0.21	0.77
	Toluene	wt%		0.24	0.18	0.67
Water		wt%		0.10	0.05	0.10
Heat Conductivity		Kcal/m/h/°C	0.112			
Specific Heat		Kcal/Kg/°C	0.491			
Thermal Expansion Coefficient		1/°C (X10 ⁻³)	0.77			

* Diluted by fuel oil about 4%.

表 2.1.3 遠心清澄条件

Condition	Clarifier		Diameter of the Particle. ** (Micron)
	Name	Type	
P0	AE-14V	Cylinder	1.7
P1	AE-15V	Cylinder	1.4
P2	SJ3000	Disk	2.2
P3	SJ3000	Disk	0.9
P4	SJ3000	Disk	0.4
P5	T1	Cylinder	1.1

** The completely removable smallest particle
as the specific gravity of 2.3.

表 2.1.4 スラッジの量, 比重, 性状

Fuel oils	Sample	Condi- tion of Clari- fica- tion	Quantity of Sludge (wt% of fuel)	Speci- fic Gravity	Composition of Sludge (wt% of Sludge)						Elementary Analysis				
					Hexane Soluble			Hexane Insoluble			C	H	N	C/H	
					Hexane Soluble	Toluene Soluble	Ashes	Toluen Insoluble							
								Combus- tibles	Total	SiO ₂					Al ₂ O ₃
A1 A2		P1 P1	0.0380 0.0040	1.089 1.336	62.2 37.4	11.6 8.8	20.7 25.9	5.5 27.9		0.0	0.7	79.4 58.5	8.82 6.24	0.03 0.72	9.00 9.38
VB1 VB2		P1 P1	0.0660 0.0190	1.111 1.090	59.9 54.3	10.4 14.8	23.7 18.5	6.0 12.4		0.0	0.2	76.4 73.7	8.51 8.17	0.97 0.78	9.22 9.02
F1 F2 F2 F2		P1 P2 P3 P4	0.0614 0.1010 0.1180 0.1480	1.195 1.424	49.1 37.5 37.6 37.9	8.8 5.7 5.7 6.4	17.3 10.4 10.3 8.9	24.3 46.4 46.4 46.5	15.0 35.0 36.1 36.0	2.8 3.4 3.5 3.6		56.2 47.0	6.12 4.87	0.45 0.49	9.15 6.94
A3	sup del	P5	0.0218 0.0108		57.2 64.9	9.1 7.2	23.4 26.9	10.3 1.0				75.5 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
L-A2 L-VB2 L-F2		P0 P0 P0			39.2 41.5 53.5	4.6 3.1 3.0	24.7 26.7 26.4	31.5 28.7 17.1	0.02 0.01 0.46	0.14 0.13 0.05					

表 2. 1. 5 供 試 油 の 概 要

A 1	直留軽油を常圧蒸留残渣に加えて作った燃料油。
A 2	
A 3	
A 4	流動点の高い直留残渣燃料油。
VB 1, VB 3	分解軽油をビスブレーカー残渣に加えて作った燃料油。試験用に特別に製造されたものである。
VB 2	直留及び分解軽油をビスブレーカーボトムに加えて作った燃料油。試験用として特別に製造されたものである。
F 1	F.C.C.残渣とビスブレーカー残渣に分解軽油を加えて作った燃料油。試験用として特別に製造されたものである。
F 2	
F 3	
F 4	
S 1	F.C.C.残渣の入りやすい地域で船積みされたディーゼル主機用燃料油。
S 2	
S 3	
S 4	
S 5	国内の製油所から入手した F.C.C.残渣。
L-T	市販のタービン油(新油)
L-A 2	試験用単筒ディーゼル機関で使用したエンジン油。使用燃料は上から A 2, VB 2, F 2 で、それぞれ30時間運転後の試料である。
L-VB 2	
L-F 2	

(注) 運転前の潤滑油は必ずしも新油ではないが、十分に清浄したものである。

第 2 章 遠 心 清 浄

1. 遠心清浄機の分離性能

1.1 まえがき

遠心清浄によって除去を期待される粒子は、

- ① 燃えない固い粒子；灰分，金属粒等（F.C.C.触媒粒子もこの中に入る。）
- ② 燃えにくい粒子；炭素の多い炭化水素粒子等
- ③ 水滴，特に海水

である。

①，②は燃料ポンプやシリンダ回りの摩耗防止のため，③は海水を除去して高温腐食に有害なナトリウムを駆逐することが目的である。これらの粒子に対して遠心清浄機が理論通りの分離能力を有しているかどうか検討した。

遠心清浄機が，理論的に予測される分離性能を発揮しているかどうかは，清浄前後の粒径分布と粒子の比重の測定によって求めることができる。しかしながら測定すべき粒子の大きさは 1μ 以下に及び，かつ比重の測定は困難である。

我々は 10μ 以上の粒子を計数するにはフィルター法³⁾を， 10μ 以下の粒子を計数するには遠心分離法⁴⁾を用いる事によって，実船に用いられる分離板型の遠心清浄機の実分離率を求めた。

試料として F.C.C.触媒粒子の混入した燃料，F2を用い，粒子の大部分は触媒粒子であると考えた。遠心分離法では触媒粒子の比重を 2.3 と仮定して触媒粒子の実分離率を計算した。また採取後のスラッジの比重と組成を測定して触媒以外の粒子の実分離についても検討した。

これとは別に，消澄処理前後の各試料をメンブランフィルターで濾過し，トルエンを通して洗浄後，光学顕微鏡観察を行なった⁵⁾。 5μ 以下の粒子は見にくい，粒子の状況が一目でわかる利点がある。

1.2 試験結果

消澄処理前後の粒径分布をフィルター法及び遠心分離法で求め，これから触媒粒子の実分離率を求めると図 2.2.1 のようになる。実線は理論分離率を示している。⁶⁾，⁷⁾

P2（流量が呼び容量の80%），P3（流量が呼び容量の14%）では，実測した分離率は理論値に近いが，P4（流量が呼び容量の3%）では，消澄効果はP3と同じである。

スラッジの比重，組成の測定結果は表 2.1.4 に既に示した。ミリポアフィルターによる濾過後の粒子の顕微鏡写真は，56年度報告に示す。⁵⁾

1.3 考 察

燃料油中の灰分粒子，炭化水素粒子及び水滴の実分離について実験結果をもとにまとめると次のようになる。

① 清浄機の実分離率

F.C.C.触媒粒子を対象にした分離試験の結果，遠心清浄機の実分離率はほぼ理論通りであることがわかった。しかし，通液量を極端に絞込んだ場合は（一例として呼び流量の3%）理論通りの分離は得られなかった。

この結果から見て触媒粒子以外の粒子も極端に流量を絞らなければ，理論通りの分離が行われるとみなしてもよいと推定できる。

② 灰分粒子の実分離

灰分粒子は F.C.C.触媒粒子の他，砂やサビなどが考えられる。これらは比重が大きいため，遠心分離は容易である。表 2.2.1 に全量が分離可能な粒子径を示す。通液量30%ならば比重 0.99 $15/4^{\circ}\text{C}$ ，粘度 800 cSt 50°C の燃料に対して 1.4μ までの粒子を全量分離できる。この程度の清浄を行えば正常なピストンリング摩耗が得られる事がエンジン試験の結果から判明している。⁸⁾

③ 炭化水素粒子の分離

一例としてVB1を考える。表2.1.4で見ると、VB1のスラッジ中のヘキサン可溶分は59.9%、灰分は6%である。ヘキサン可溶分は燃料と同等で比重1.005⁴⁾、灰分の比重を2.3と仮定する。全体の比重は1.111(表2.1.4)なので、ヘキサン可溶分と灰分を除いた残りの部分の比重は1.088となる。これがほぼ炭化水素粒子の比重と見られる。表2.2.1の条件ならば、通液量30%のとき最小直径4.4 μ までの粒子を全量分離できる。

他の燃料油においても、スラッジのC/H比がVB1と余り変わらない点から見て、燃料油中の炭化水素粒子の性格はVB1と変りはないと推測できる。これらの粒子の分離はVB1並に行えるであろう。

ミリポアフィルターの透過結果⁵⁾を見るとVB1の炭化水素粒子は遠心清浄機によってかなり除去されており、以上の議論を裏付けている。

④ 水の分離

表2.2.1の条件では、通液量30%のとき、直径12 μ の水滴を全量分離できる。一般的な水の混入に対してはこれで十分と考えられる。

2.3.1項(2)にバッチ式の遠心分離機による水滴の分離の例があり、ほぼ理論通りの分離が行われている。この結果から見て、遠心清浄機においても理論通りの分離が行われると期待できそうである。

以上述べたように、今までの研究成果から見て、灰分粒子、炭化水素粒子、水滴に対する分離は理論通り行われ、清浄機さえきちんと運転されておればエンジンに悪影響を与える程の粒子が供給される事はないと考えられる。

通液量は少ない方が分離率は良くなるが、呼び容量の15%より小さい通液量では期待した分離は得られないおそれがある。15%より大きい範囲でなるべく通液量を小さくし、通液温度を上げて粘度を下げる事でより良い分離が得られる。

2. 正常な遠心分離の確保

2.1 まえがき

1.節では流量が極端に小さい場合を除き、遠心清浄機の実分離は理論通りである事を示した。

所が、就航船における経験の中にはこの結論に一致しないものがある。図2.2.2に示すAのケースでは、F.C.C.触媒粒子85ppmを含む燃料油をかなり長時間使用したにもかかわらず燃料ポンプ、ピストンリングの異常摩耗は経験されていない。触媒粒子は清浄によってほとんど除去されている。

一方Bのケースでは、短期間で燃料ポンプ、ピストンリングが摩耗してしまった。触媒粒子は清浄によって除去されていない。清浄後の燃料中に残っている触媒粒子は、理論上分離し得る粒子よりはるかに大きなもので、清浄時の流量、温度を少々間違えたぐらいではこのような事は起こり得ない。

Bのケースで燃料清浄がうまくできていない原因として下記の点が推定される。

① 調節板の設定不良

図2.2.3(a)に示すように、水-燃料の境界面は水取板(水の出口通路と燃料の通路を隔ている板)の外径と分離板にあげられている燃料の通路の間にあるのが正常である。調節板の設定を誤ると、図2.2.3(b)のように燃料が下側の通路に集中して流れ、分離率は大きく低下する。

② 水-燃料境界面に水と燃料の中間の比重を持つ層ができた場合

この場合も図2.2.3(c)のように燃料が下側の通路に集中して流れる。

例えば、ある時水エマルジョンが清浄機に供給され、その後エマルジョンを含まない燃料油が供給された場合、先に供給された水エマルジョンが中間比重物質となって図2.2.3(c)のような状態を作り出す事も考えられる。

③ 分離されたスラッジが分離板外周に流動せずに分離板に堆積して流路を塞ぐ場合

図2.2.3(d)のように堆積したスラッジが流路をせばめ、流速が均一でなくなって分離が悪くなる。

①は運転管理だけの問題であるが、時に起こる可能性があるようである。この点については2.4.1項にやや詳しく述べる。②については、中間比重層が燃料油から析出する場合と水エマルジョンが中間層となる場合に分けて検討した。これらは57年度の研究項目である。

③については55年度報告⁹⁾、¹⁰⁾で、針入度及び粘度の測定を行っている他、56年度報告¹¹⁾においてより現実に近い形で流動率の測定を行っている。また3節に述べるスラッジ移送試験の結果も流動性に関係しており参照に値する。

2.2 中間比重層形成試験方法

2.2.1 燃料油からの重液析出試験

F1を長期(1年以上)放置した場合、タンクの上と下で0.032もの比重差を生じた事がある。この場合、重力加速度場に約10,000時間放置されたわけである。重力加速度に対する加速度比、即ちg値と時間をかけたものを目安とすると、

$$1g \times 10,000h = 10,000g \cdot h$$

となる。例えばSJ3,000を4時間運転すると、

$$5,220g \times 4h = 20,900g \cdot h$$

グラビトロールのような型式だと、連続運転時間は100～200hともなり、 $g \cdot h$ 値は $10^5 \sim 10^6$ にもなる。ただし清浄機内には流れがあり、タンクに放置した場合よりも重液分離は起き難い様に思える。清浄機ボウル内で重液が分離して中間層を形成するかどうか短期間に答を得るために、パッチ式の遠心分離機を用い、約100,000 $g \cdot h$ の遠心力をかけて重液分離が起こるかどうかを調べた。試料として、A2、VB2、F1、S1を用いた。

図2.2.4に試験のフローと遠心分離の条件を示す。

① 遠心分離

パッチ式の遠心分離機を使用した。回転体の周囲に加熱用のコイルを巻き、この中に温水を通して温度を制御した。遠心分離機の断面を図2.2.5に示す。

② 比重測定

比重は、予め作成した比重液中に試料を滴下し、油滴の浮沈によって測定した。比重液は1.000より大きいものは食塩水、小さいものはメチルアルコールと水の混合物とし、0.001ピッチで作成して密閉できる容器に保管した。測定は試料油、比重液とも28℃の状態で行った。

2.2.2 エマルジョンの安定性試験

エマルジョンのできやすさと清浄機内で安定に存在し得るかどうかを調べるため、攪拌によってエマルジョンを作り、これをパッチ式の遠心分離機にかけて遠心分離し、分離管の上部、中部、下部に分けて試料を採取した。分離前後の試料は光学顕微鏡による観察と簡易型の水分計による水分分析を行なった。

これとは別に水滴の蒸発と凝集の状態を知るための静置試験を行なった。この試験ではエマルジョンブレイカーを入れた場合と入れない場合の2通りを比較した。遠心分離、静置試験共試験温度は70℃とした。以上の試験のフローを図2.2.6に示す。

試料油はA2、A4、VB2、VB3、F2、F3を用いた。

① エマルジョンの製造

図2.2.7にこのための攪拌機と試験条件を示す。

② 顕微鏡観察

試料をスライドガラスの上にうすくのばして光学顕微鏡で観察した。

③ 水分分析

アクアテストフィーナと称する簡易水分計によった。燃料油中に試薬を入れて水と反応させることで水分に

比例した量の気体を発生させ、この量を測定して水分量を定量する。蒸発法と比較すると、水分値の誤差は測定値の15%以内であり、この試験に十分用いることができる。

④ 試料の採取

遠心分離管から試料を上部、中部、下部に分けて取り出すには、混合しないための特別な方法が要る。遠心分離後の試料を分離管ごと-50℃まで冷却することで試料を固め、取り出してナイフで分割した後常温にもどして分析、観察した。

2.3 試験結果

2.3.1 中間比重層形成試験

(1) 燃料油からの重液析出試験

試験結果を表 2.2.2 に示す。いずれの場合もはっきりした重液析出は起こっていない。

(2) エマルジョン傾向(出来易さ)試験

写真集 2.2.1 に遠心分離前後のエマルジョンの状態を示す。dp は全量分離可能な最小の水滴径のことである。なお、F 2, F 3 では遠心分離の際、水より燃料油の方が重いので水は上層に分離される。各試料の水分量を表 2.2.3 に示す。

この結果から次の5点が明らかになった。

- ① エマルジョンのできやすさは写真から判断して、 $A 4 < A 2 \ll F 2, F 3$, $VB 3 < VB 2$ である。A 4 は最もパラフィックな、VB 2 はアスファルテンの最も多い燃料油である。分解残渣を基材とする燃料油は、常圧蒸留残渣を基材とする燃料に比べてエマルジョンになり易い。
- ② エマルジョンの分離状況を見ると、ほぼ dp より大きい水滴はなくなっている。このことは水滴の分離も理論通りに行われる事を示していると考えられる。
- ③ dp が 4.2μ 以下の試験では水滴がほとんど見られない。 4.2μ 以下の水滴が消えてしまった原因として、水滴が集まって個々の水滴より大きな沈降速度を得ることが考えられる。なお、別に行った静置試験から見て、水滴の凝集、蒸発はさ程起こらない。
- ④ 62時間の静置試験の結果、この温度(70℃)では水滴の蒸発は少ない。

水滴の凝集はエマルジョンブレイカーを 0.1 % 入れた場合若干起こっているが、入れない場合はほとんど起こらない。

2.3.2 清浄機中でのスラッジの流動に関する試験

針入度、粘度測定は55年度報告⁹⁾、¹⁰⁾ に、流動率の測定は56年度報告¹¹⁾ に結果を示す。一般に燃料油スラッジの流動性は温度の上昇によって大幅に改善される。また、スラッジ中の灰分が多くなると、流動率は低下する傾向にある。一般に分解残渣を基材とした燃料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。しかし S 4 のように流動性の悪いスラッジを析出する燃料油もある。このような燃料油を、性状から判断して選り分けることはできない。

2.4 考 察

2.4.1 分離板の選定

分離板の選定は高比重の燃料ほど許容範囲が小さいので難かしくなる。供給燃料に合わせて分離板を選定する事はもちろん大前提であるが、それで正常な結果が得られなかった場合、安易に分離板を交換する事には問題がある。正常な分離が得られない原因は色々あって、それらを慎重に検討しなければならない。ボウル全体をブローしても正常に運転できない場合は、解放点検を行う事が望ましい。

2.4.2 中間比重層の形成

(1) 燃料油からの重液析出

先にも述べたように、F 1 は放置した場合にはかなりの分離を起こす。その比重差はタンク上下で 0.032 にも及んだ。しかし遠心分離による試験では、放置した場合の 10 倍の $g \cdot h$ をかけても 0.001 の精度で分離は起こっていない。他の燃料でも分離が認められたものはひとつもない点から見て、一般に行われる燃料清浄中に流路を塞ぐ程の重液の分離はまず起こらないと考えられる。

(2) エマルジョン

試験結果が示すように、分解残渣を使用した燃料油はエマルジョンを作りやすく、できたエマルジョンは安定性が高い。細かいエマルジョン程安定でしかも遠心分離しにくいので、エマルジョンを作らないよう注意が必要である。

いったん細かいエマルジョンができると清浄機の流路閉塞の可能性が出てくる。水滴に対する船内の遠心清浄機の実分離能力は、先に表 2.2.1 に示したように比重 0.99 粘度 800 cSt at 50℃ の燃料中の直径 12 μ の水滴が全量分離できる程度である。この条件は先の試験中での $dp = 10 \mu$ の条件に近い。この条件では我々が製造した程度のエマルジョンを完全には分離できず、一部は清浄機を通過する。一部の細かい水滴は流速のおそい所で滞留し、先に述べた中間比重層を形成するおそれがある。

細かいエマルジョンができてしまった場合には、そのままではセツリング、遠心清浄がむずかしいので、エマルジョンを壊すような薬品を使って水滴を大きくするか、遠心清浄機内の燃料をひんばんに排出させる必要がある。静置試験の結果、エマルジョンブレイカーは効果が認められた。

エマルジョンの検出は写真集 2.2.1 に示すように光学顕微鏡観察が有効である。また燃料中の水分をチェックするのも一方法である。水分量の測定は我々が用いたような安価で簡易な検出器でも十分な結果が得られる。この装置では、1 サンプルの測定に要する時間は 10 分程度であった。

2.4.3 清浄機中のスラッジの流動

分解残渣を使用した燃料油でも、多くの場合分離板の分解掃除間隔をやや短くする程度で清浄能力を維持出来るようである。しかし時には S 4 の様に極めて流動性の悪いスラッジを含む燃料もある。しかもこのような性質は燃料油の分析結果から見当をつけることはできない。したがって清浄機の運転管理しか対策が立てられない。現状では清浄機のモニターに良いものがないが、清浄後の燃料をメンブランフィルターで濾過し光学顕微鏡で観察すればかなり良いモニターとなる。

スラッジの排出を良好にする事も大切である。

スラッジの排出時には置換水や流入する空気での内部の温度が下がる。この際温度が下がらないようにするのも排出を良好にする一方法である。

3. 清浄機排出スラッジの処理

3.1 まえがき

最近燃料の低質化に伴って、清浄機からスラッジタンクに通じるパイプがつまる例が報告されている。この問題に対してモデル試験を行って結果を検討した。

スラッジ落としパイプの現状について以下に概説する。

SR 185, 56 年度の報告に燃料系統に関するアンケートを船主、船用機器、エンジンメーカーから得ている。概観するとスラッジによるパイプのつまりに対する危機感はありません。複数の清浄機がある場合には排出時に他の清浄機に逆流する事があるらしく、このための対策に気を使っている。

一般的にスラッジ落としパイプは、傾斜が 5 ~ 60℃ 以上、内管付きのものもある。落としパイプを直接加熱する例はないようだが、スラッジタンクには必ず加熱源があり、ヒーティングコイル型とスチーム吹込み型に分かれる。内管がなく、スラッジタンク加熱がスチーム吹込み型ならば、スラッジ落としパイプまで暖まるであろう。この他の場合

はパイプが十分に加熱される見込みはないようである。

スラッジ落としパイプの改善について積極的な考えを打ち出している清浄機メーカー、船主はほとんど無い。傾斜5°以上という意見すらあり、本当にこれで流れるのか疑問であるが、現在では未だそう深刻な問題になってはいない、ということであろう。

清浄機から排出されたスラッジは、いったんスラッジタンクに落とされて油分、水分及びその他の部分に分けられる。油分は廃油だきボイラに送られ、水分は油分を除かれて廃棄されるか再使用される。その他の部分はスラッジタンクの底に沈み、一般的には人力で掃除される。この部分はタール状物質や灰分を多く含むことになり、通常の廃油ボイラで処理できず、ウェスに混ぜて炉床でたき火のような形で燃やされる。このために多くの手間を要する。

例えばF2のような燃料だと、灰分を多く含んだ大量のスラッジが清浄機から排出され、その処理には多くの人手がかかると思われる。

この報告ではスラッジの量及び性状を既に表2.1.4に示している。スラッジの焼却に関しては検討しなかった。

3.2 スラッジ移送試験方法及び供試スラッジ

理想の試験は実船程度の時間をかけ、条件も似せて清浄機を運転することであろうが、燃料油の手持量や時間も限られている。また、実船で使用されている清浄機は大きく分けて3種類あって、それぞれスラッジの流下条件が異なる。これらを考慮して過去に採取したスラッジを用い、以下に述べるような構想で試験を行った。

清浄機の型式によってスラッジの排出状況は異なる。その1はボウル内のスラッジと水と燃料油をある時1度にどっと出してしまうもので、仮に「全排出型」と呼ぶ。その2はスラッジ混じりの水が常時小さなノズルから排出されるもので、シャープレス社独特のものである。商品名を「グラビトロール」という。その3は、間歇的にスラッジを排出するもので、全排出型と似ているが排出時間を短くして燃料油が出ないようにしたものである。三菱化工機では「パーシャル排出型」、αラバルでは「コントロールドディスチャージ型」と称する。この報告では三菱化工機の呼称を用いる。

スラッジがスラッジ落とし管を流下する場合、空气中、水流中、油流中のいずれかの環境にあるものとする。それぞれの条件で別々に流下試験を行い、これらの結果をつき合わせてスラッジの流動を論ずる。

図2.2.8に試験方法を示す。スラッジをステンレス又はP.T.F.E.(テフロン)のうすい板上にのせ、水平に4時間試験温度で保持して板と付着させる。板を装置のパイプ部分に入れて試験を行う。試験途中で適宜取り出して秤量し、流失分を求める。

図2.2.9は試験板とスラッジの置き方を示したものである。試験装置は図2.2.10～2.2.12に示す。流体を用いるものは流体温度を制御して試験板温度を保持した。空气中の試験装置はヒーターで直接温度を上げている。密閉空気中及びA重油蒸気中の装置は全体を恒温槽中に入れて温度を保持した。

使用したスラッジは、A2、VB2、F2、L-F2のスラッジである。これらの性状は表2.1.4に示した。

供試スラッジは採取後2年経過しており、若干の性状変化が起きているものと思われる。

これらのスラッジの他に参照用試料としてシリコン油(1,000,000 cSt @25°C, 350,000 cSt @90°C)を用いた。

3.3 試験結果

3.3.1 スラッジ移送試験

(1) 残留率

表2.2.5に求められた残留率を示す。

スラッジの残留率は始めに試験板上に載せたスラッジ重量に対する測定時に試験板上に残っているスラッジ重量%として表わす。油流中の試験では付着した油のために結果のばらつきは大きい。水流中の試験板に徐々にスケールが付着する。この補正は少しむづかしく、量も小さいので補正していない。

(2) 試料の挙動

① シリコン油

シリコン油は変質のない高粘度流体として取り上げたものである。空気中では図 2.2.13(a)のように流下し流失する。水流中では図 2.2.13(b)のように押し流される。この場合、流れによって表面が波打つ。空気中、水流中を問わず、時間さえたてば全部が流失すると予想される。

② 燃料油スラッジ

燃料油スラッジは解放空気中に置くと徐々に硬化する。解放空気中の試験では多少流下するものの、長時間経つと図 2.2.13(c)の形で止まってしまう、それ以上は流下しない。スラッジによっては外見上全く動かないものもある。

水流中では、温度が高ければ水流でちぎりとられるように流失し又全体が試験板上を流下する。しかし長時間後には硬くなってそれ以上流失しなくなる。(図 2.2.13(d))

燃料油流中では流下は非常に早く起こる。スラッジは燃料油に溶解されて形をくずし、全体が試験板上をすべって流失する。(図 2.2.13(e))

潤滑油流中では、燃料油流中と同様の挙動を示すが、流失速度は燃料油流よりおそい。

密閉空気中では、スラッジの流下した距離は解放空気中より大きかったが、計測のために度々蓋をあけたこともあって流下は途中で止まってしまう、流失するには至らなかった。密閉容器中に小量の A 重油と共に入れた場合、スラッジは硬化せずに流下した。ただし流動はゆっくりで、3,000 分までの試験で流失するまでには至らなかったが、時間さえかければ流失すると思われる。

③ 潤滑油スラッジ

潤滑油スラッジは変質しにくいものと推定されるが粘度は大きい。空気中ではほとんど流動を示さない。(図 2.2.13(f)) 水流中では多少変形し、図 2.2.13(g)のように根こそぎはがれて落ちる。潤滑油スラッジは高粘度のために試験板に仲々密着せず、付着力が弱いものと推定される。しかし、2.3.2 項に示したように、十分付着したものの流動率は低い。

油流中では燃料油スラッジと同様、溶解するような形で流下する。(図 2.2.13(h))

(3) スラッジ流動の影響因子

① 傾 斜

図 2.2.14 にシリコン油を用いて空気中、傾斜 15° 及び 60° でテストした結果を示す。助走距離[※]がややあるので、流失が始まるまでに少し時間がかかる。空気中では傾斜が大きいと当然ながら流失は早い。しかし同時に示した水流中の結果との差から較べると傾斜の大小による影響は小さい。

燃料油スラッジによる空気中の流下試験では流失に至ったものはひとつもなく、比較はむづかしいが、傾斜が大きい方が流下した距離は大きかった。しかし、総じて傾斜の影響は小さい。

(※ 試料が流下して試験板の端に至るまでの距離)

② 温 度

F 2-P 4 を試料とし、水流中で温度を変えた試験の結果を図 2.2.15 に示す。300 分までの試験で流失に至ったものは 90℃ の場合だけであった。70℃ ではかなり変形しやや流下した。50℃、30℃ の場合は変形もわずかだった。

同じ F 2-P 4 スラッジを燃料油 F 2 で押し流した場合の 70℃ と 90℃ の差を図 2.2.16 に示す。

この場合も温度による差は顕著である。水洗中の試験後の状態を、写真 2.2.2 に示す。

③ 押し流す流体

燃料油スラッジは燃料油によって押し流すのが最も有効だった。潤滑油を流体にした場合はこれよりやや

遅くなるが、時間さえかければ流下する。流体による差を図 2. 2.17 に示す。

水流による流下は空気中と同様スラッジの硬化を招くため、始めのうちは流下するがやがて固まって流れなくなる。このようにいったん固まってしまったスラッジでも、その後燃料油で押し流すと図 2. 2.18 のように簡単に流れてしまう。

④ 試験板の材質

ステンレス板と P. T. F. E. (テフロン) 板とを比較するとステンレス板はある所で流失が止まる傾向にあるが、P. T. F. E. 板では長時間にわたってスラッジの流失が起こっており(図 2. 2.19)、長時間後の残留率に差が見られる。これは SUS と P. T. F. E. の付着性の違いによるものと考えられる。

⑤ 試料

図 2. 2.20 に 90℃ 水流中、図 2. 2.21 に 90℃ 油流中の結果を示す。図 2. 2.20 中 A 2 の初期は F 2 より残留率が高いが 3,000 分後も流失が続いており、やがては F 2 を追い越すであろう。

図 2. 2.21 中、粘性の大きい L-F 2 が早期に流失しているのは付着性の悪さによるものと考えられる。

試験後の状態を写真 2. 2.3 に示す。

⑥ 環境(スラッジの硬化)

空気中ではスラッジは徐々に硬化する。Plate no 23 では、密閉容器中にスラッジと少量の A 重油を入れて流動を調べた。この結果 3,000 分後までに流失には至らなかったものの、流下距離は解放空気中より大きく、しかも流下が途中で止まることなく続いた。この場合、十分な時間さえかければスラッジは流下すると予想できる。

この結果は、スラッジの硬化の原因が軽質分の蒸発によるものであることを裏付けている。

3. 3.2 スラッジの量、性状

表 2. 1. 4 にこれらの結果を示す。

分解残渣を使用した燃料油はスラッジの量が多い。また、F. C. C. 残渣を基材としたものでは、スラッジ中の灰分比率が非常に高い。

3. 4 考 察

3. 4. 1 スラッジ移送試験

以上の結果からいくつかの結論が得られる。

- ① 粘度が低い付着性の悪いスラッジは流下しやすい。ただし付着性は状況によって大きく変化するので注意を要する。例えば分離板に堆積した潤滑油スラッジは強く付着しているが、いったんはがれたスラッジを別の場所へ押し付けても弱い付着しか得られない。燃料油スラッジは付着性が良好で、流動性に富むもの程流失しやすい。最もパイプをつまらせる可能性があるのは流動性の乏しい燃料油スラッジであると考えられる。分解残渣を使用した燃料油では特にこの傾向が強い。
- ② スラッジは空気中では刻々硬化する。この原因は軽質分の蒸発である。軽質分がスラッジから逃げていくのを押え、又は積極的に補給してやればスラッジの流動性は保たれ、又は改善される。わずかな量の軽質分の補給でもスラッジの流動性はかなり良くなる。
- ③ 温度を上げることはスラッジ流下を良くする上で非常に大きな効果がある。10℃の温度の変化はスラッジ流動性の上では大変な差となる。スラッジ落としパイプを積極的に加熱し、清浄機本体の保温や置換水注入の際の温度降下を防ぐなどの手段によってスラッジ流下を助けることができる。
- ④ 落としパイプの傾斜と直径は、大きい方が良い事はもちろんである。しかし、傾斜の影響は他の項目に比べて影響は少なく、現状度々つまるといった事がなければ無理に改善する必要はない。むしろパイプの加熱、あるいは廃油による洗浄を検討する方が良いと思われる。

⑤ 試験板の材質

ステンレス板とP.T.F.E.板(テフロン板)の差は非常にはっきりしたものとはいえないが長時間後には差が見られる。(図 2.2.19)30~100 分後には両者共スラッジが硬化して流動性を失ったが、P.T.F.E.板の方はその後もはがれ続け、ついには残留率数%となっている。このことはスラッジの付着力も影響があるということであろう。P.T.F.E.は一般に付着性が小さく、これがスラッジがはがれやすい原因と思われる。

スラッジの処理設備について以下に検討する。

分解残渣を使用した燃料油が度々使用されるようになると、現在よりも流動性の悪いスラッジを多量に取り扱わなければならない。しかし、現状では、だいたい問題がなければ、スラッジパイプの傾斜や径を大きくする必要はないであろう。ただし時にはパイプをつまらせるような燃料もあるかもしれない。このような場合でも、全排出型の清浄機ならば排出間隔を短く取り、置換水量を若干減らしてやれば燃料の排出によってスラッジの流下が助けられる。グラビトロールの場合も時々燃料と循環水を同時に止めることによって燃料を排出させれば同様の効果が得られる。パーシャル排出型では排出時間を長くにとって水と多少の燃料を排出してやれば良い。

もしスラッジと少量の燃料をうまく混合させることができれば、その後のスラッジの取扱いはかなり楽になる。この方法は簡単ではないらしく、廃油ボイラでのスラッジの燃焼には色々と苦労があるらしいが、将来可能となればスラッジ処理の救世主になるだろう。

全排出型及びパーシャル排出型ではスラッジ落としパイプの温度が十分上がらないという問題もあると思われる。排出前にパイプを温めておけばスラッジ流下の助けになる。また全排出型の場合、置換水の温度を予め上げておけば、排出スラッジの流下に効果があるばかりでなく、分離板からのスラッジの除去にも有効と思う。

燃料油を流すのはめんどうかもしれないし、コストも上るであろう。配管系全体を見直すつもりならば、スラッジの通るパイプを燃料に浸漬しておけばかなり良いと思われる。また、燃料の蒸気にあてておくだけでも効果がある。また付着しにくい樹脂(スチレン)をコーティングしたパイプもあるらしい。このようなものを検討することもできる。

3.4.2 スラッジの量と性状

超粗悪油のスラッジの量は、常圧蒸留残渣を基材とした燃料油に比べて多く、燃料の0.1 wt%にも達するものがある。

F.C.C. タールを基材とする燃料油のスラッジは、他の燃料油に比べて灰分中の Al_2O_3 、 SiO_2 の割合が大きく、半分近くにも達する。

スラッジの量の増加もさることながら、清浄機から排出される灰分の量の増加は船内処理上やっかいな問題となる。灰分の多いスラッジは比重が大きく(表 2.1.5)流動性は悪く、多くの場合スラッジタンクの底に沈み、この処理は現状人力によるしかない。このようなスラッジが多く析出する燃料油を度々用いるようなことになれば現状の船内処理設備では不足が起こると思われる。

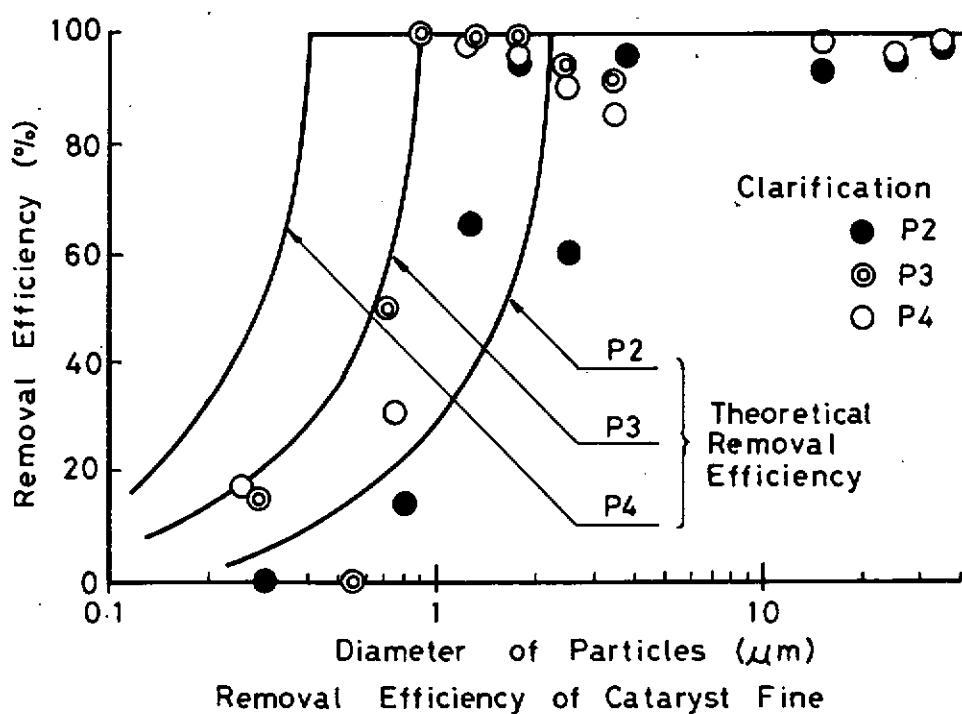


図 2.2.1 F.C.C. 触媒粒子の分離率

表 2.2.1 理論的に分離可能な粒子径

通 液 量	全量が分離できる最小粒子直径		
呼び流量 に対する割合	灰 分 比重 2.3 ^{95/4} ℃	炭化水素 比重 1.088 ^{95/4} ℃	水 滴 比重 0.961 ^{95/4} ℃
100 %	2.5 μ	8.0 μ	22.1 μ
50 %	1.9 μ	5.6 μ	15.6 μ
30 %	1.4 μ	4.4 μ	12.1 μ
15 %	1.0 μ	3.1 μ	8.6 μ

仮定

通液温度 95°C
 ♪ 粘度 62 CST (50°C 800CST 相当)
 ♪ 比重 0.942 (0.99 ^{15/4}℃ ♪)

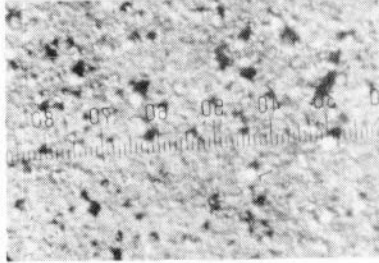
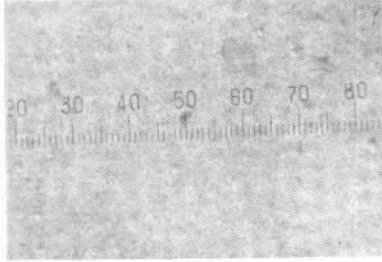
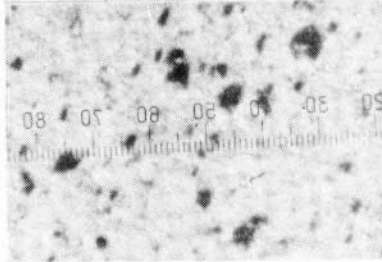
	Vessel A	Vessel B
Engine	Medium Speed Diesel Engine	Slow Speed Diesel Engine
Purifier	Disk Type	Disk Type
Remarks	No Trouble	Abnormal Wear of Fuel Pump Plunger
Before Purification	 Filtered Fuel = 20 g Filter Mesh = 3 μ Scale 1 div. = 13 μ	 Filtered Fuel = 5 g Filter Mesh = 3 μ Scale 1 div. = 13 μ
After Purification	 Filtered Fuel = 20 g Filter Mesh = 3 μ Scale 1 div. = 13 μ	 Filtered Fuel = 10 g Filter Mesh = 3 μ Scale 1 div. = 13 μ

図 2.2.2 実船における清浄効果の例

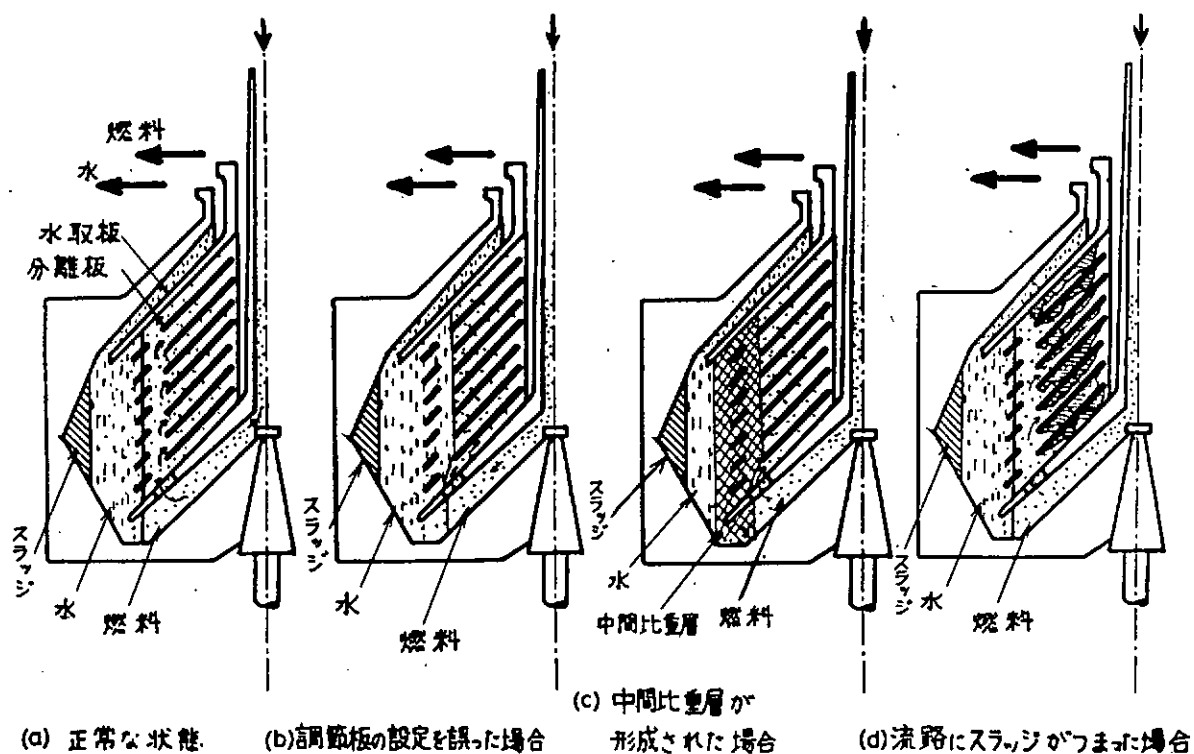


図 2.2.3 消浄機の分離の例

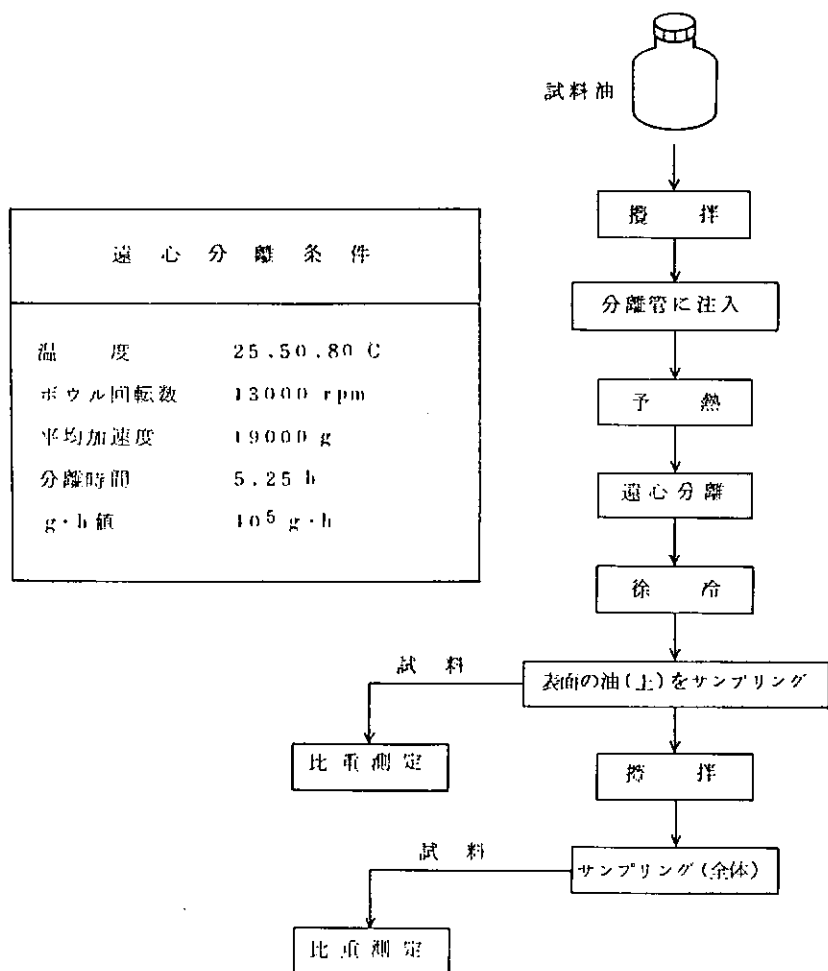


図 2.2.4 試験方法

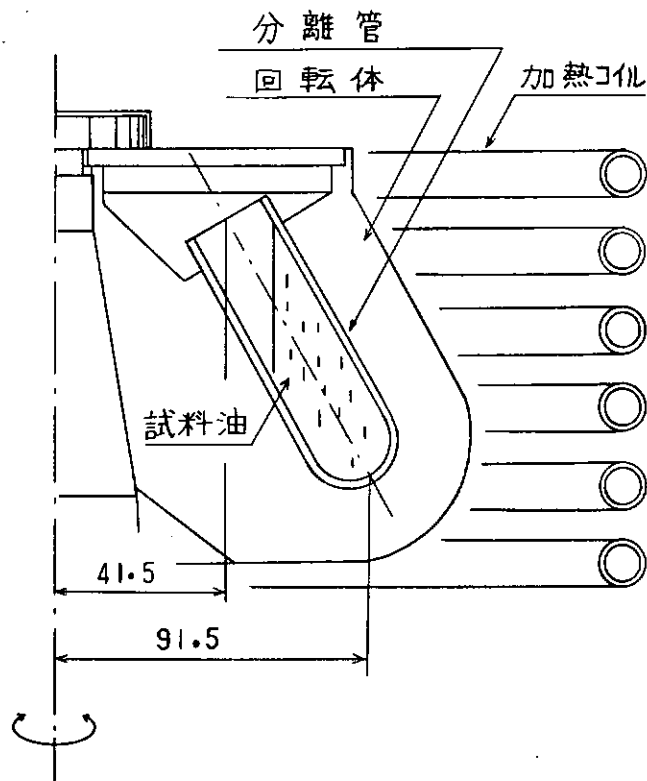


図 2.2.5 遠 心 分 離 機

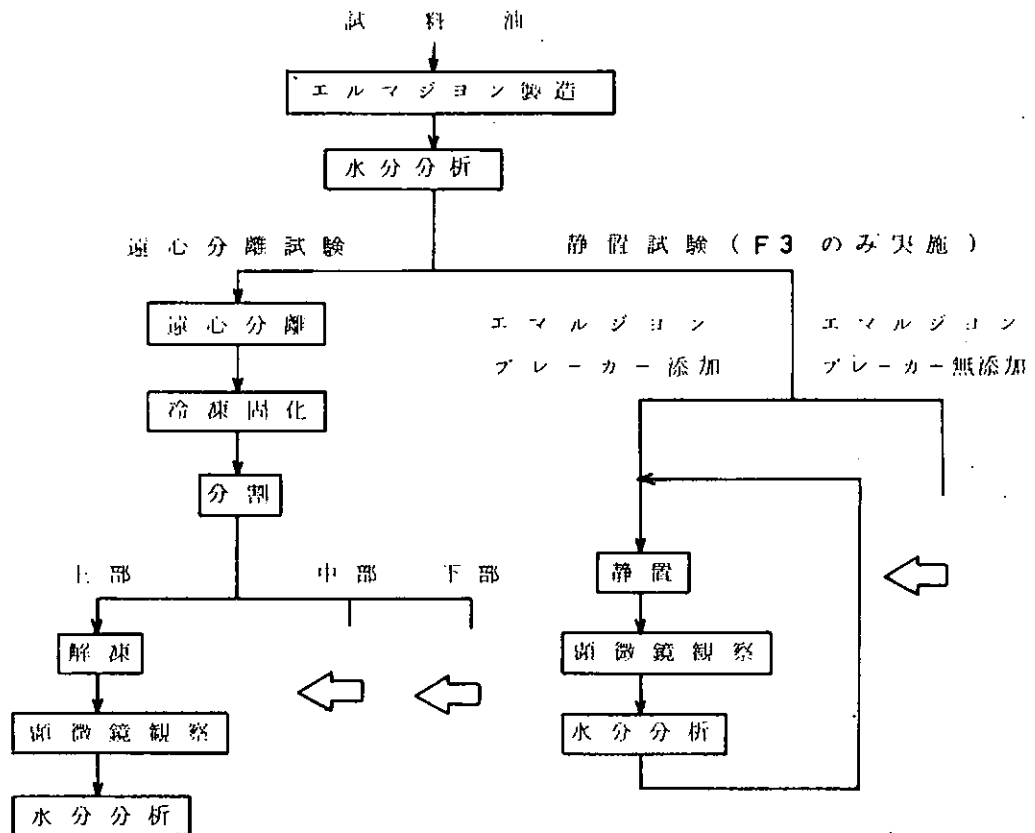


図 2.2.6 エマルジョン安定性試験の試験方法

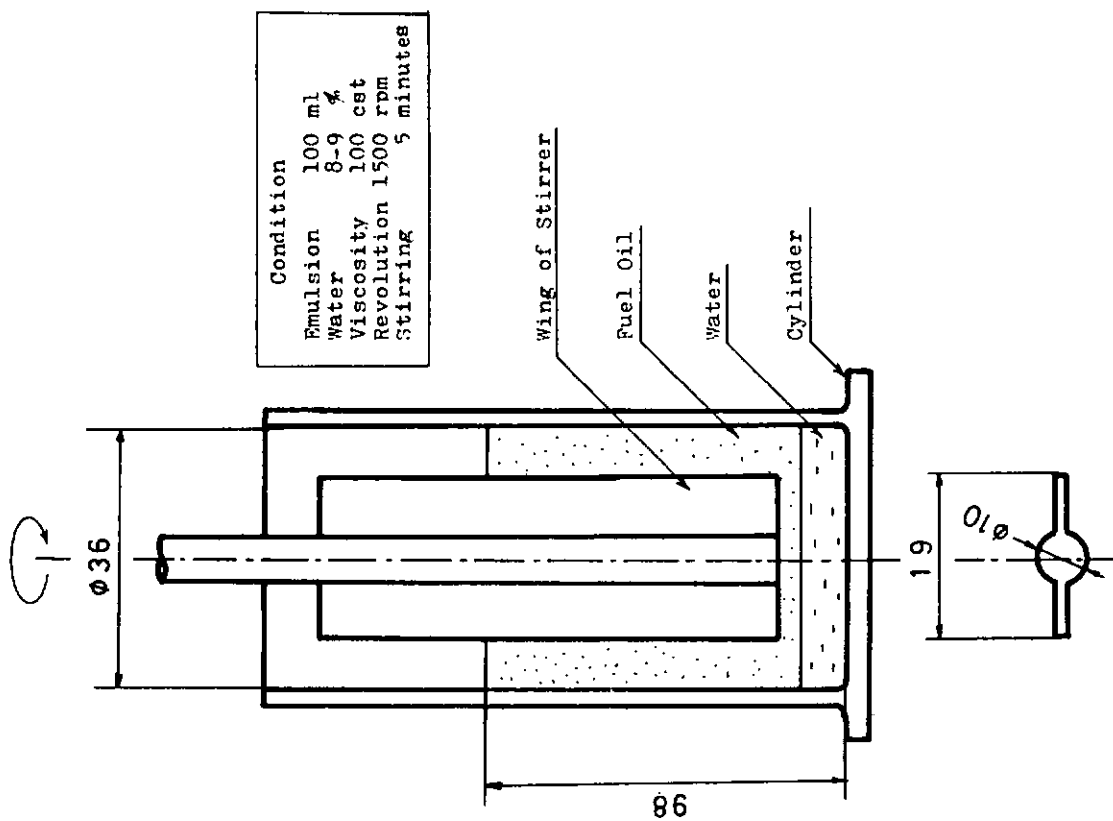
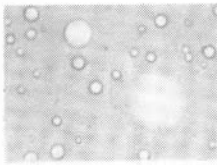
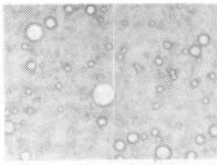
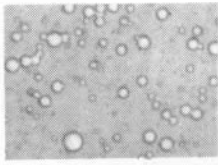
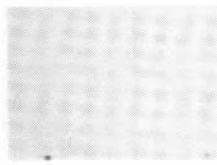
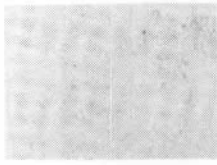
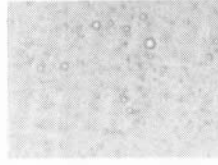
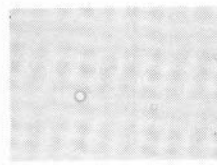
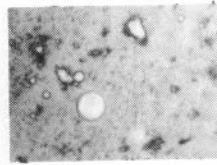
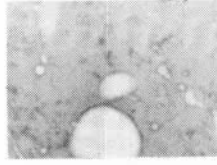
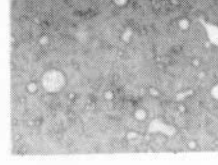


図 2.2.7 エマルジョン製造装置

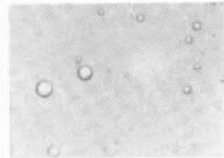
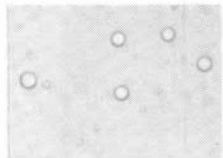
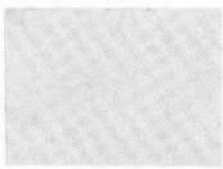
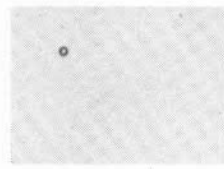
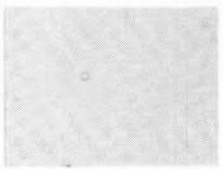
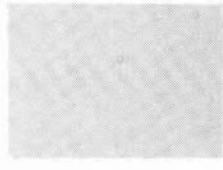
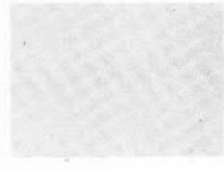
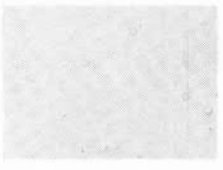
表 2.2.2 燃料油中からの重液析出試験
試験結果

試料油	試験温度 ℃	比 重	
		表 面	全 体
A 2	25	0.950 ~ 0.951	0.950 ~ 0.951
	50	0.950 ~ 0.951	0.950 ~ 0.951
	80	0.949 ~ 0.950	0.950 ~ 0.951
V B 2	25	0.989 ~ 0.990	0.990 ~ 0.991
	50	0.990 ~ 0.991	0.990 ~ 0.991
	80	0.989 ~ 0.990	0.990 ~ 0.991
F 1	25	1.029 ~ 1.030	1.029 ~ 1.030
	50	1.028 ~ 1.029	1.028 ~ 1.029
	80	1.029 ~ 1.030	1.028 ~ 1.029
S 1	25	0.963 ~ 0.964	0.963 ~ 0.964
	50	0.964 ~ 0.965	0.964 ~ 0.965
	80	0.964 ~ 0.965	0.965 ~ 0.966

試料油	A 2			
試験条件	回 転 数	4 000 r p m		
	温 度	70°C		
	時 間	1 19min	10min	1.1min
	dp (u)	3	10	30
遠心分離前				
	水 分 (%)	7.7	11.3	9.8
遠心分離後	上 層			
	水 分 (%)	0.4	0.7	1.38
	中 層			
	水 分 (%)	0.5	0.64	1.52
	下 層			
	水 分 (%)	28	34.5	32.7

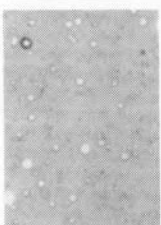
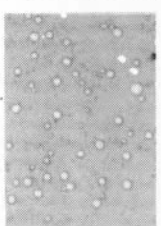
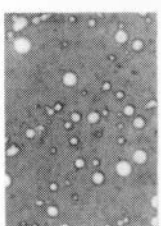
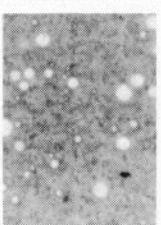
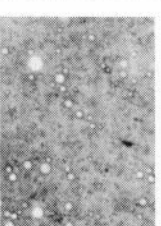
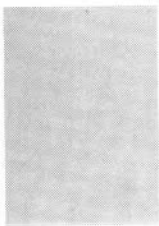
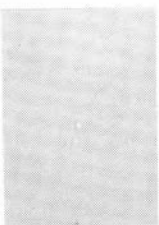
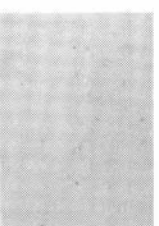
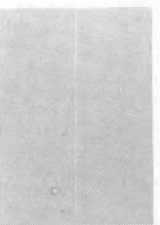
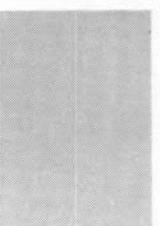
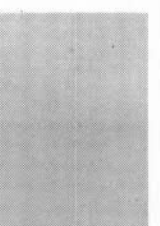
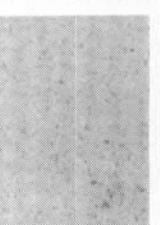
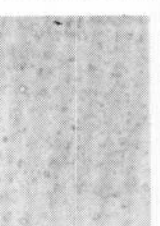
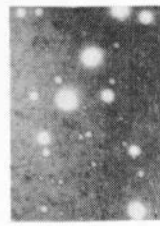
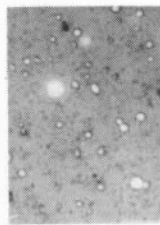
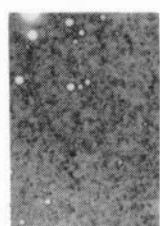
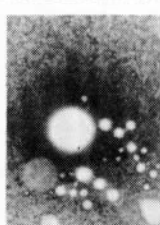
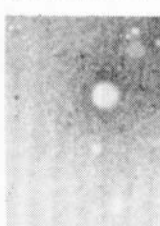
100 μ —

写真集 2.2.1 (1 / 7)

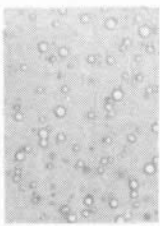
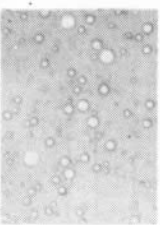
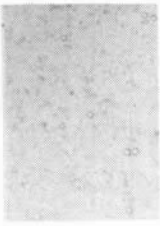
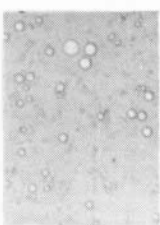
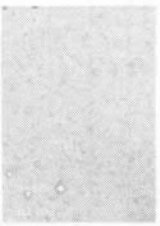
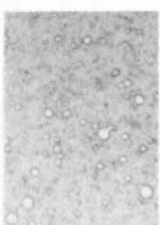
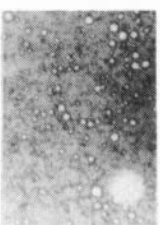
試料油	A 4			
試験条件	回転数	4 000 rpm		
	温度	50°C		
	時間	136min	12min	1.5min
	dp (u)	3	10	30
遠心分離前				
	水分(%)	7.2	6.9	7.9
遠心分離後	上層			
	水分(%)	0.3	0.2	0.25
	中層			
	水分(%)	0.3	0.25	0.3
	下層			
	水分(%)	14.7	13.6	15.8

100 μ —

写真集 2. 2. 1. (2 / 7)

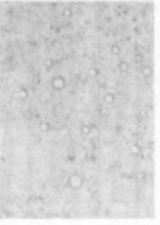
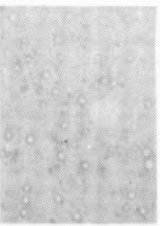
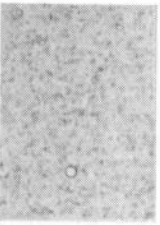
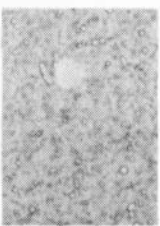
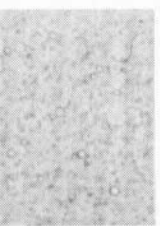
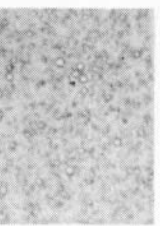
試料油		V B 2							
		4000 rpm							
		70 °C							
試験条件	回 転 数								
	温 度								
	時 間	585min	450 min	300 min	150 min	53 min	5.9 min		
	dp	3	3.4	4.2	5.9	10	30		
遠心分離前									
	水 分 (%)	9.2				9.6	8.7		
	上 層								
	水 分 (%)	0.35	0.4	0.3	0.3	1.2	2.05		
遠心分離後	中 層								
	水 分 (%)	0.4	0.3	0.3	0.3	1.2	2.05		
	下 層								
	水 分 (%)	41.3				32.4	39.2		

100 μ —

試料油	VB3			
試験条件	回転数	4000 rpm		
	温度	70°C		
	時間	210 min	23 min	
	dp	10	30	
遠心分離前				
	水分(%)	7.2	8.2	
遠心分離後	上層			
	水分(%)	0.8	5.0	
	中層			
	水分(%)	2.0	5.2	
	下層			
	水分(%)	32.8	26.4	

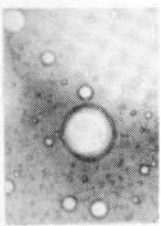
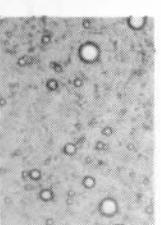
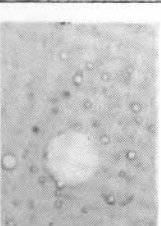
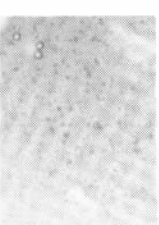
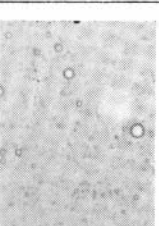
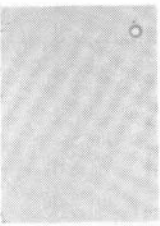
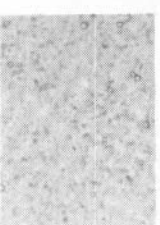
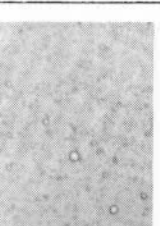
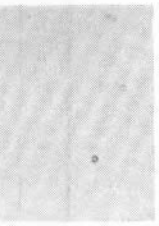
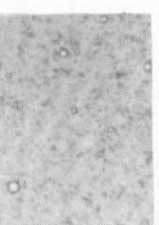
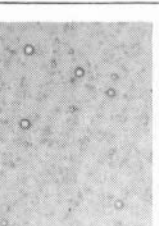
100 μ —

写真集 2. 2. 1. (4 / 7)

試料油	F2			
試験条件	回転数	4000 rpm		
	温度	70°C		
	時間	273 min	30 min	
	dp	10	30	
遠心分離前				
	水分(%)	10.5	11.8	
遠心分離後	上層			
	水分(%)	14	18.4	
	中層			
	水分(%)	4.5	7.7	
	下層			
	水分(%)	3.4	6.6	

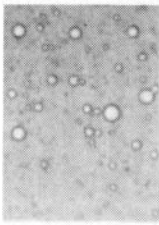
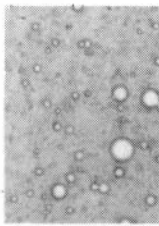
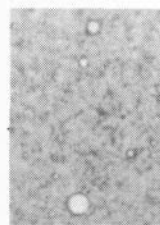
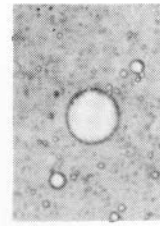
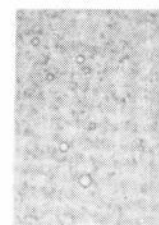
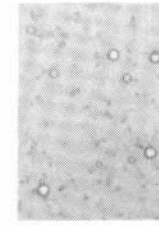
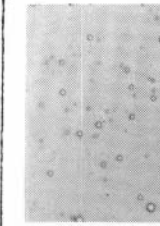
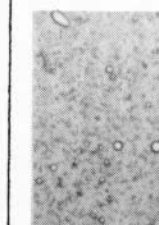
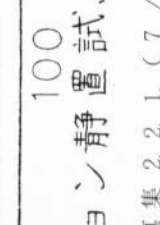
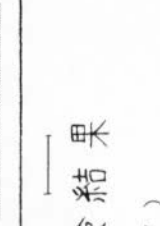
100 μ —

写真集 2. 2. 1. (5 / 7)

試料油	F3				
	回転数	4000rpm			
	温度	70°C			
	時間	1002min	92min	10min	
	dp (u)	3	10	30	
遠心分離前					
	水分(%)	8.2	6.6	7.9	
遠心分離後	上層				
	水分(%)	1.1	7.8	8.9	
	中層				
	水分(%)	0.3	2.3	7.7	
	下層				
	水分(%)	0.3	2.3	4.8	

100 μ —

写真集 2. 2. 1. (6 / 7)

試料油	F3	
	なし	0.1% 添加
エマルジョンブレンダー		
エマルジョン製造直後		
15 時間後		
20 ヶ		
38 ヶ		
62 ヶ		

100 μ —

エマルジョン静置試験結果

写真集 2. 2. 1. (7 / 7)

表 2.2.3 エマルジョン試験試料の水分量

Sample	dp * (Micron)	Test Period (min)	Water Content (vol%)			
			Before Centrifuge	After Centrifuge		
			Overall	Upper	Middle	Lower
A2	3	119	7.7	0.4	0.5	28.0
	10	10	11.3	0.7	0.64	34.5
	30	1.1	9.8	1.38	1.52	32.7
A4	3	136	7.2	0.3	0.3	14.7
	10	12	6.9	0.25	0.2	13.6
	30	1.5	7.9	0.3	0.25	15.8
VB2	3	585	9.2	0.35	0.4	41.3
	3.4	450		0.3	0.4	
	4.2	300		0.3	0.3	
	5.9	150		0.3	0.3	
	10	53	9.6	1.2	1.2	32.4
	30	5.9	8.7	2.05	2.05	39.2
VB3	10	210	7.2	0.8	2.0	32.8
	30	23	8.2	5.0	5.2	26.4
P2	10	273	10.5	14.0	4.5	3.4
	30	30	11.8	18.4	7.7	6.6
P3	3	1002	8.2	1.1	0.3	0.3
	10	92	6.6	7.8	2.3	2.3
	30	10	7.9	8.9	7.7	4.8

* Diameter of the completely removable smallest water droplet.

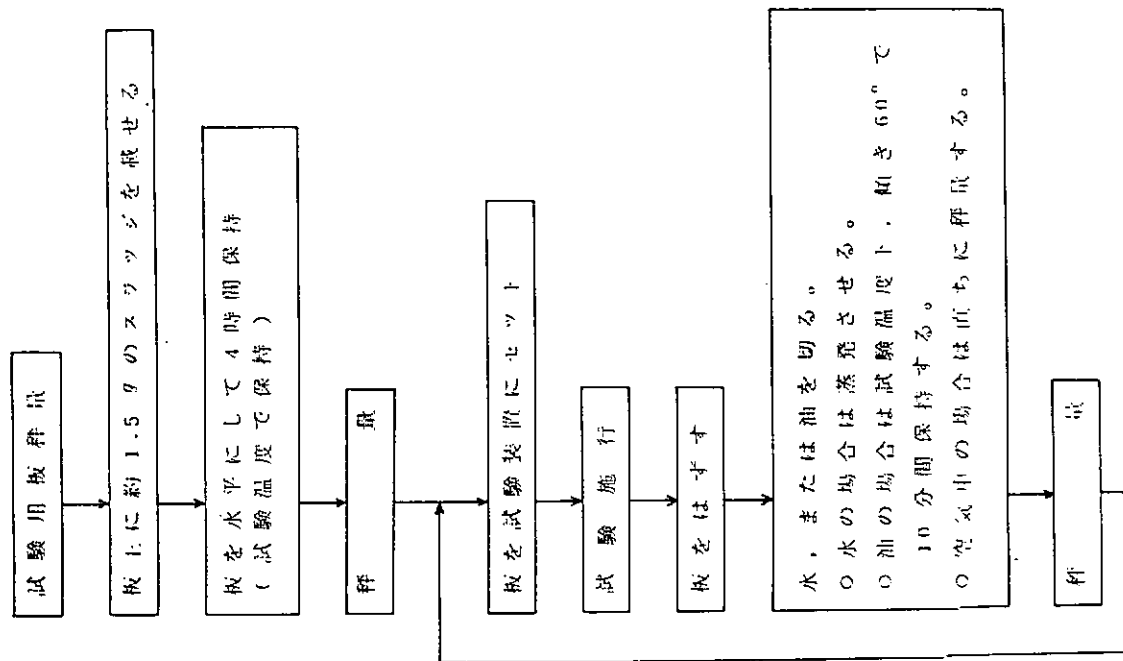


図 2.2.8 試験方法

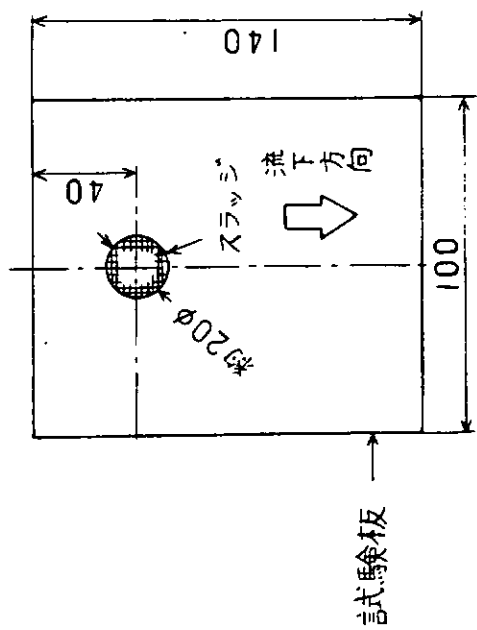


図 2.2.9 スラッジの置き方と試験用板の寸法

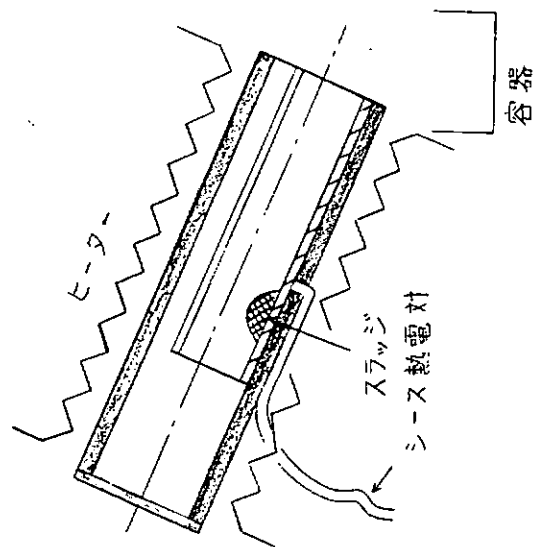


図 2.2.10 空気中の試験装置

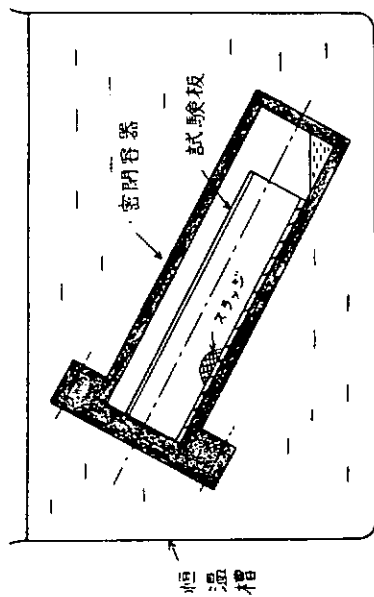


図 2.2.11 密閉空気中及びA重油蒸気中試験装置

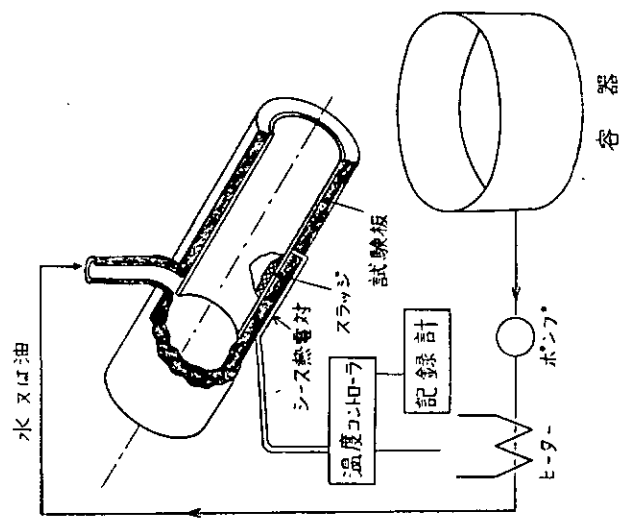
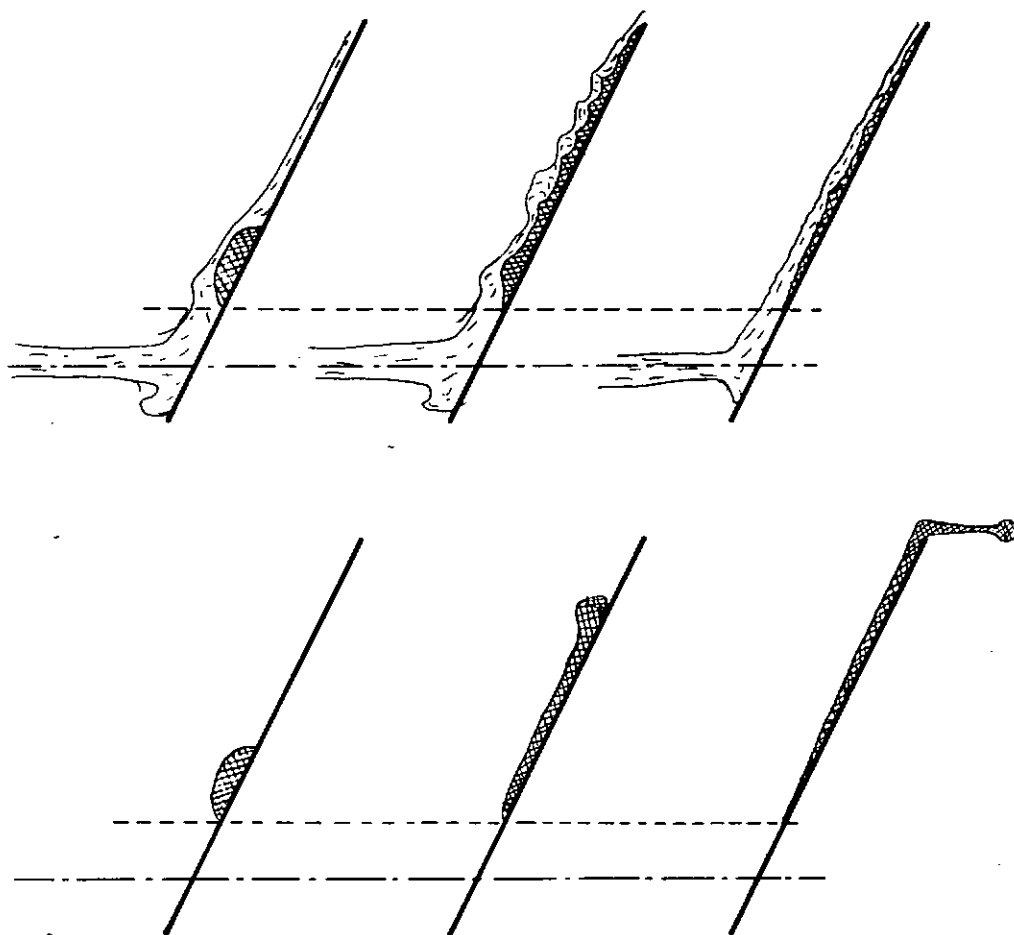


図 2.2.12 水流・油流による流下試験装置

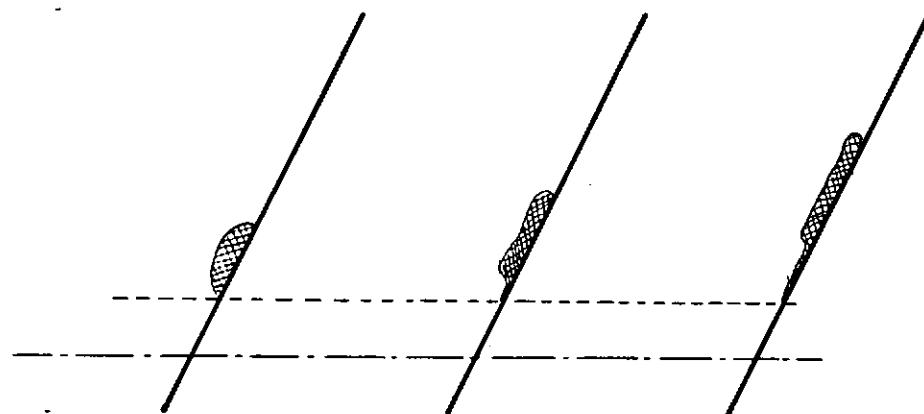
表2.2.5 スラッジの残留率

Plate no	Sample	Date M.D	Plate Mate- rial	Envi- ron- ment *	Flow rate liter min	Temp °C	Lean deg	Remaining Rate (%)										
								Time (minute)										
								0.0	0.2	0.5	1	3	10	30	100	300	1000	3000
0	VB2	9.21	SUS	water	2.02	90	15	99.9				100.6	99.2	99.2	100.1	101.8	108.1	
1	F2	9.24	SUS	o.air		90	15	99.2				99.2	98.9	98.8	98.3	97.2	95.8	93.5
2	F2	9.24	SUS	water	2.02	90	15	98.4				52.4	30.0	29.7	30.2	31.9	29.0	31.2
3	A2	9.24	SUS	o.air		90	15	98.6								96.3	93.7	
4	A2	9.25	SUS	water	2.02	90	15	97.1		94.8	93.1	80.3	75.8		73.5	68.1	61.3	
5	L-F2	9.30	SUS	o.air		90	15	99.4										
6	L-F2	9.30	SUS	water	2.02	90	15	99.2				98.0	97.8	96.9	92.7	88.7	80.6	
7	Silicon	10.4	SUS	o.air		90	15	100.0				100.0	100.0	100.0	99.9	62.2	28.6	20.0
8	Silicon	10.4	SUS	water	2.02	90	15	100.0				99.9	99.8	96.6	33.9	5.1	1.2	1.3
9	F2	10.1	PTFE	water	2.02	90	15	101.3				94.8	58.5	49.0	49.5	50.6	37.8	1.2
10	Silicon	10.12	SUS	o.air		90	15	100.0					100.1	100.0	61.1	36.2	26.6	
11	F2	10.13	SUS	water	2.02	30	15	99.9					100.2		100.4	100.6	101.5	
12	F2	10.20	SUS	F2	0.65	90	15	98.1			20.9	-1.4	0.0					
13	F2	10.15	SUS	water	2.02	50	15	99.8				100.1	99.7	98.7	97.5	100.6	105.0	
14	F2	10.18	SUS	water	2.02	70	15	99.4				100.2	93.5	92.4	97.5			
15	F2	10.19	SUS	F2	0.65	70	15	99.4				71.0	22.0	-2.6	0.2			
16	VB2	10.21	SUS	VB2	0.65	90	15	99.0				99.8	0.0					
17	L-F2	10.21	SUS	L-F2	0.65	90	15	99.4				0.2						
18	F2	10.25	SUS	L-F2	0.65	90	15	98.2				85.3	31.8	22.4	2.4	0.6		
19	F2	10.26	SUS	o.air		90	15	99.3				97.7						
20	F2	10.27	SUS	c.air		90	60	100.1										
21	F2	11.8	PTFE	water	2.02	90	15	99.5										
22	F2	11.8	SUS	water	2.02	90	15	98.9				100.0	87.9	84.3	55.7	45.0	28.1	15.0
23	F2	11.9	SUS	c.vap		90	15	99.7				97.1	90.7	89.8	89.8	96.9	32.5	25.9
aft 0	VB2	10.19	SUS	VB2	0.65	90	15	108.1				98.9	84.2	56.2	1.5			
aft 1	F2	10.20	SUS	F2	0.65	90	15	93.5				77.3	6.7	3.3	0.6			
aft 2	L-F2	10.20	SUS	L-F2	0.65	90	15	31.2				12.2	4.6	-0.5				
aft 4	L-F2	10.21	SUS	L-F2	0.65	90	15	61.3				0.7						

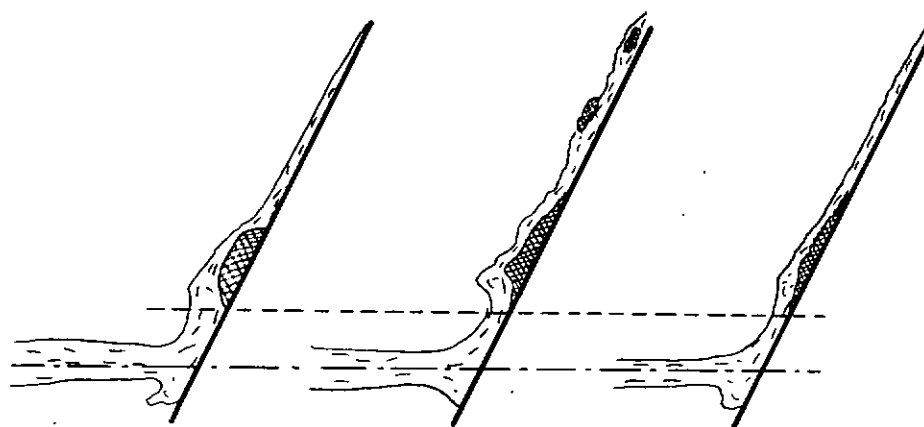
* water 水
o.air 解放空気中
c.air 室内空気中
c.vap 室内空気中にA重油と共に入れた場合



(a) シリコン油：空気中



(c) 燃料油スラッジ：空気中



(d) 燃料油スラッジ：水流中

図 2.2.13 スラッジの挙動(1/4)

図 2.2.13 スラッジの挙動(2/4)

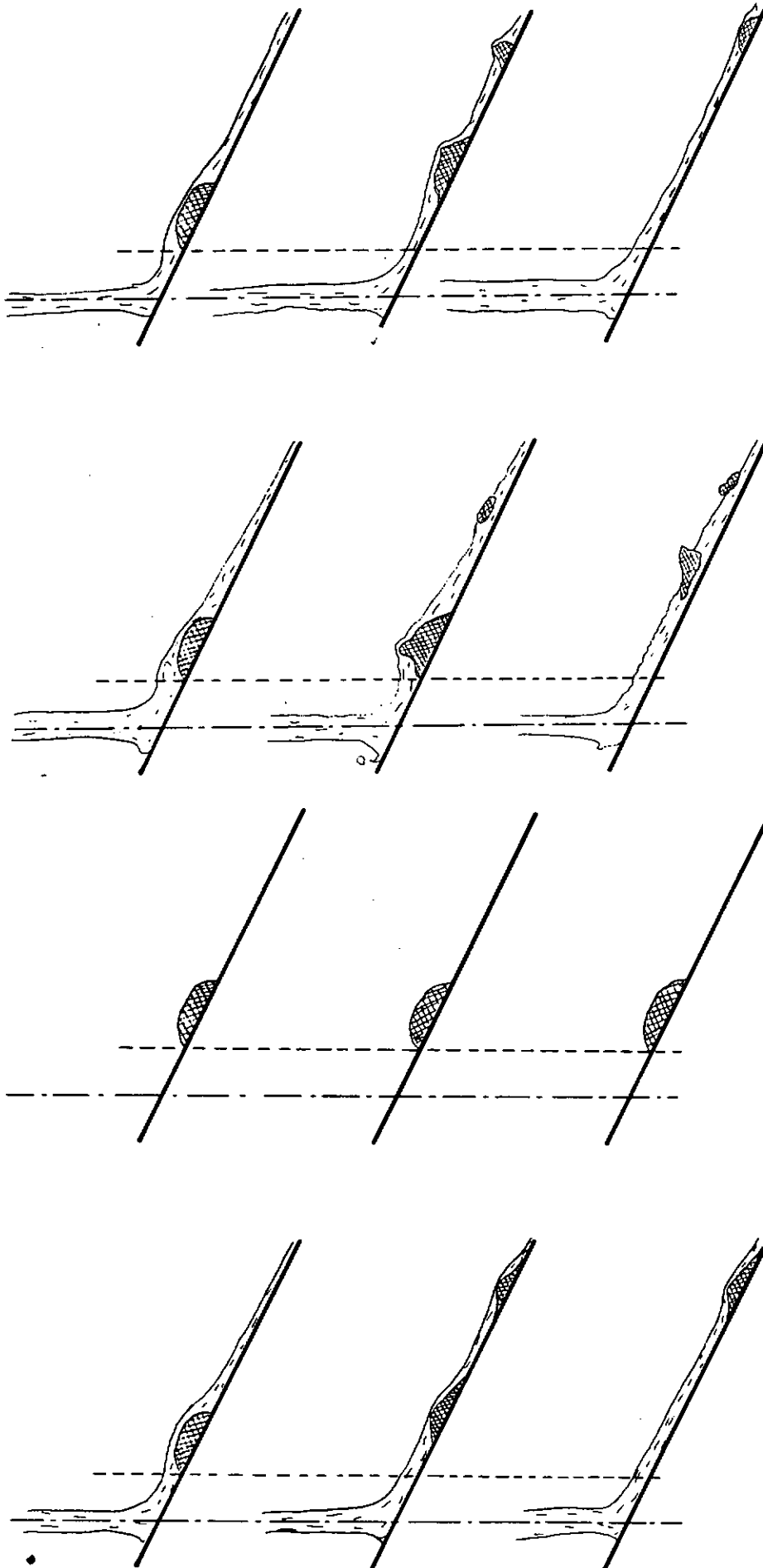


図 2.2.13 スラッジの挙動(4/4)

図 2.2.13 スラッジの挙動(3/4)

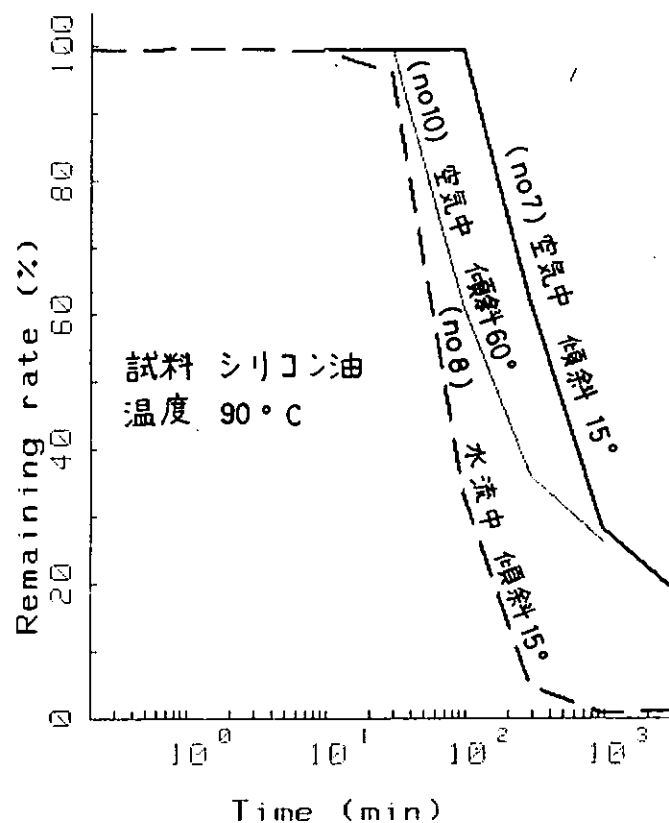


図 2.2.14 シリコン油の残留率

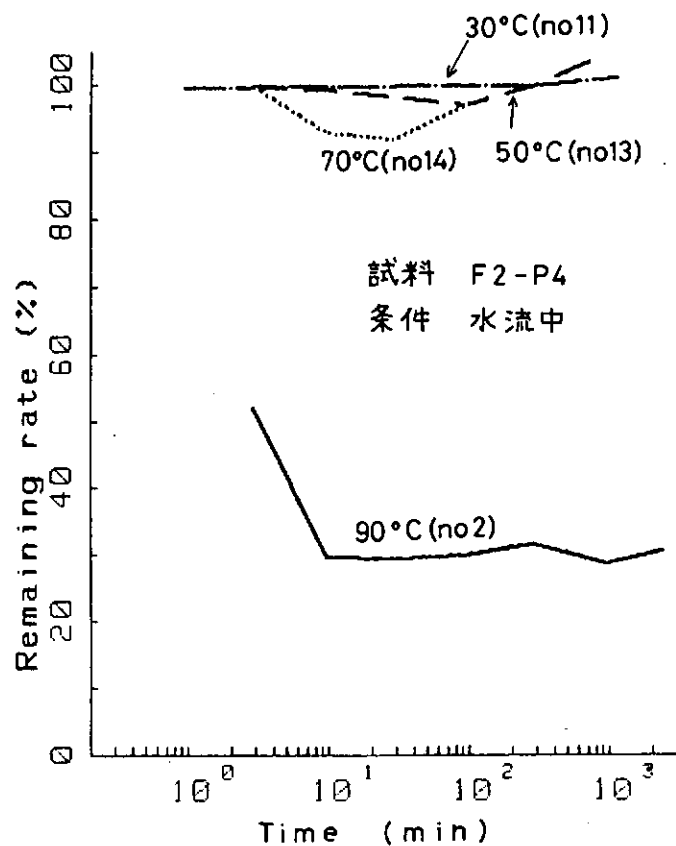


図 2.2.15 温度による差(水流中)

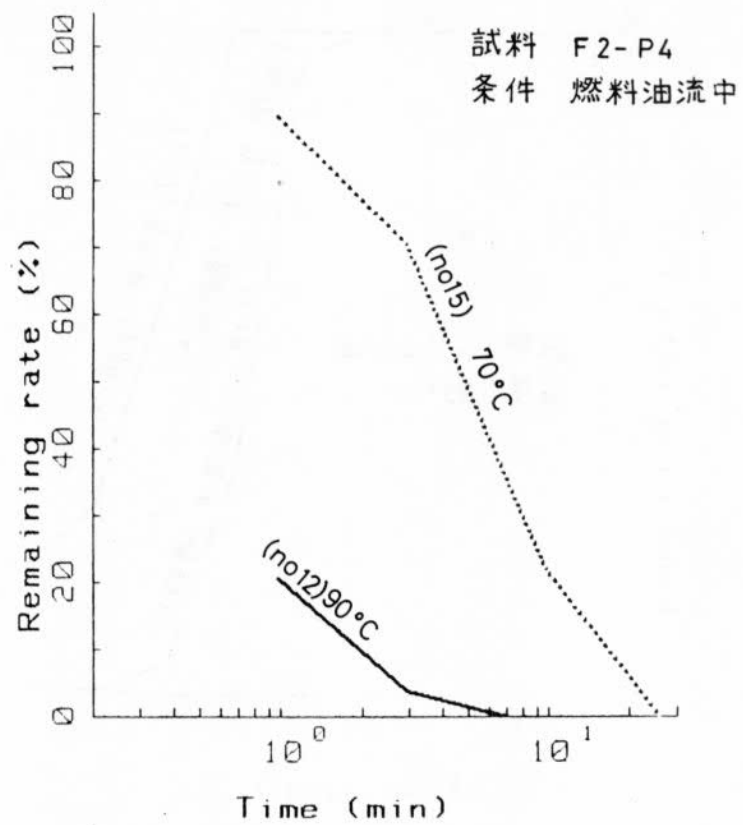


図 2. 2.16 温度による差 (燃料油流中)

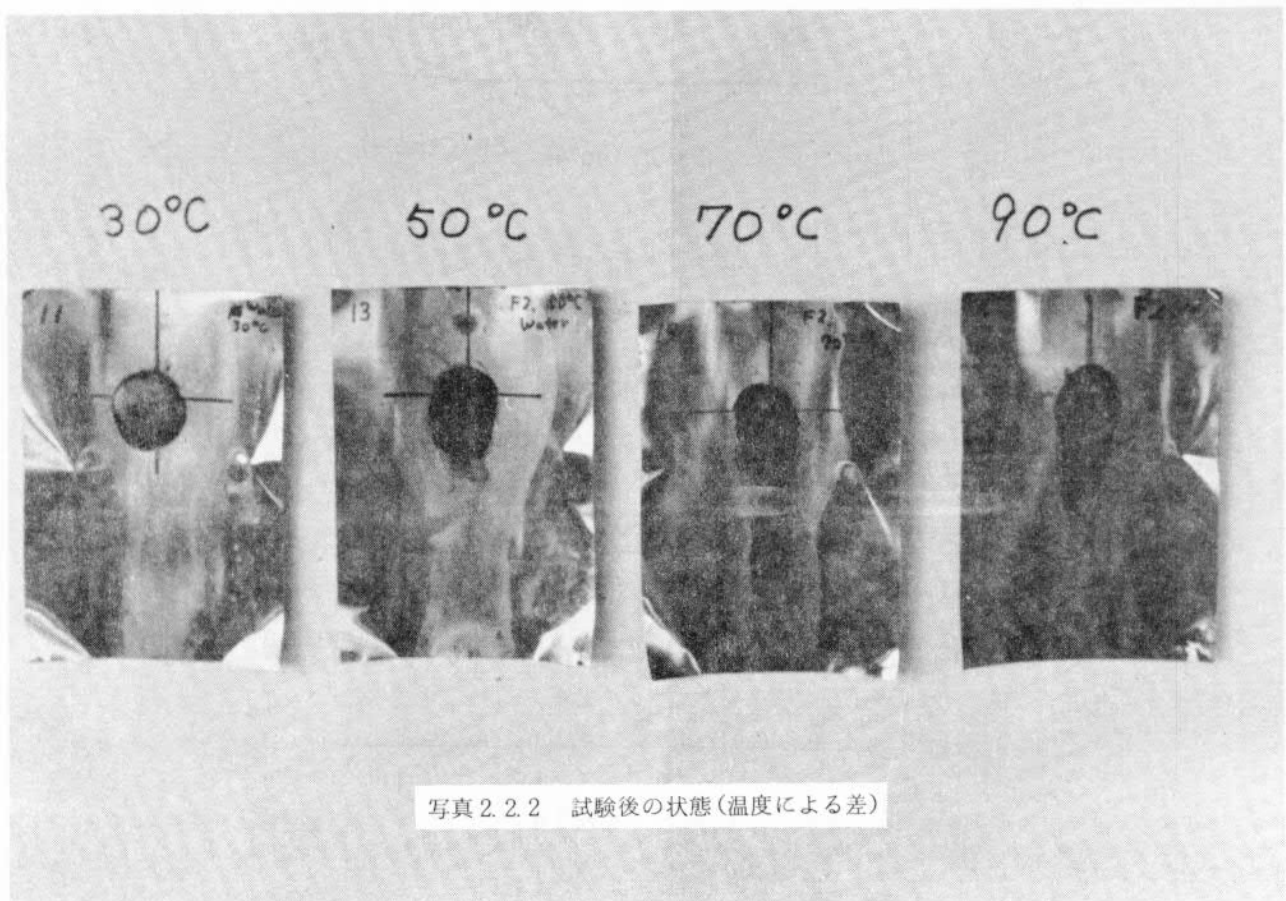


写真 2. 2. 2 試験後の状態 (温度による差)

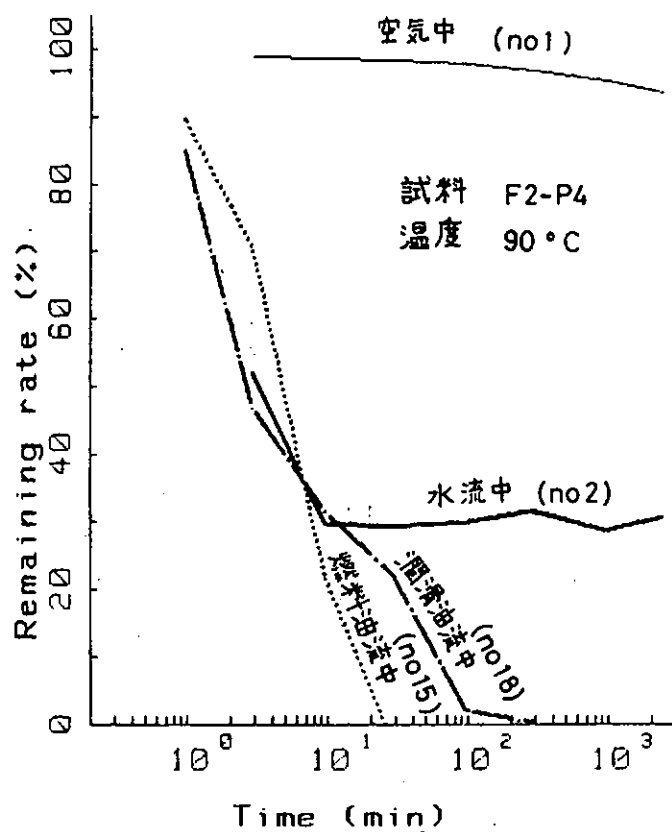


図2.2.17 流体による差

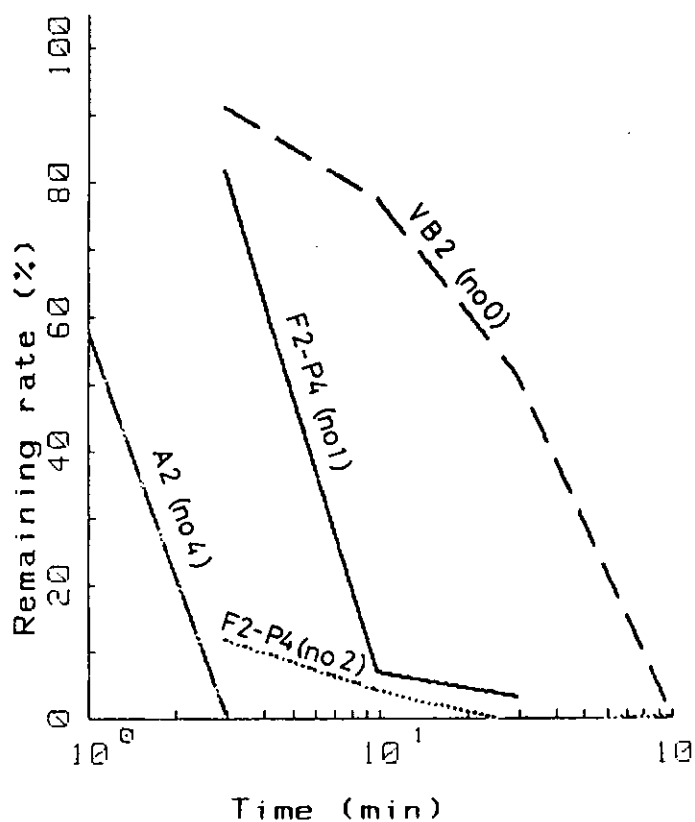


図2.2.18 試験後のスラッジを燃料油で押し流した場合の結果
(試験後の状態を残留率100%とした)

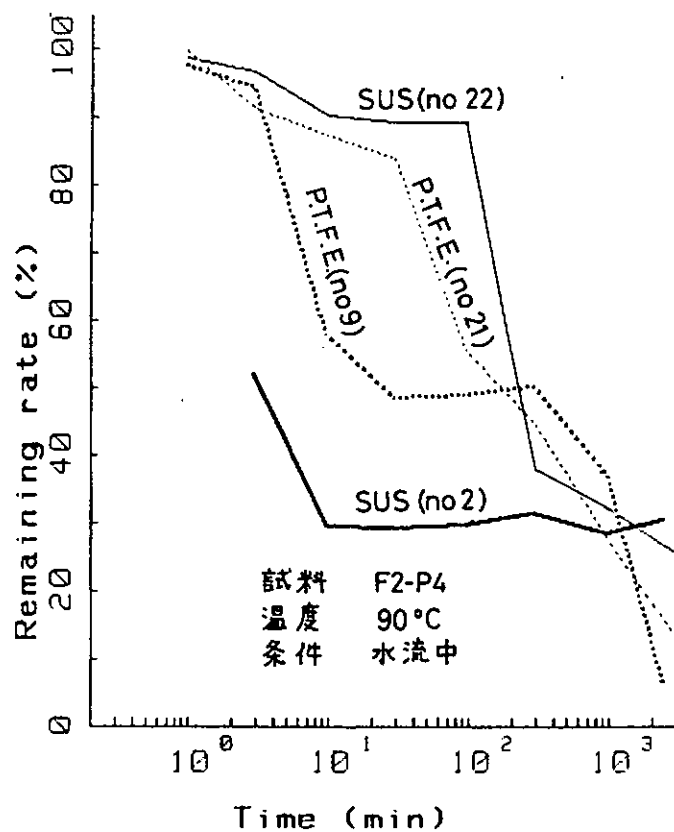


図 2.2.19 試験板材質による差

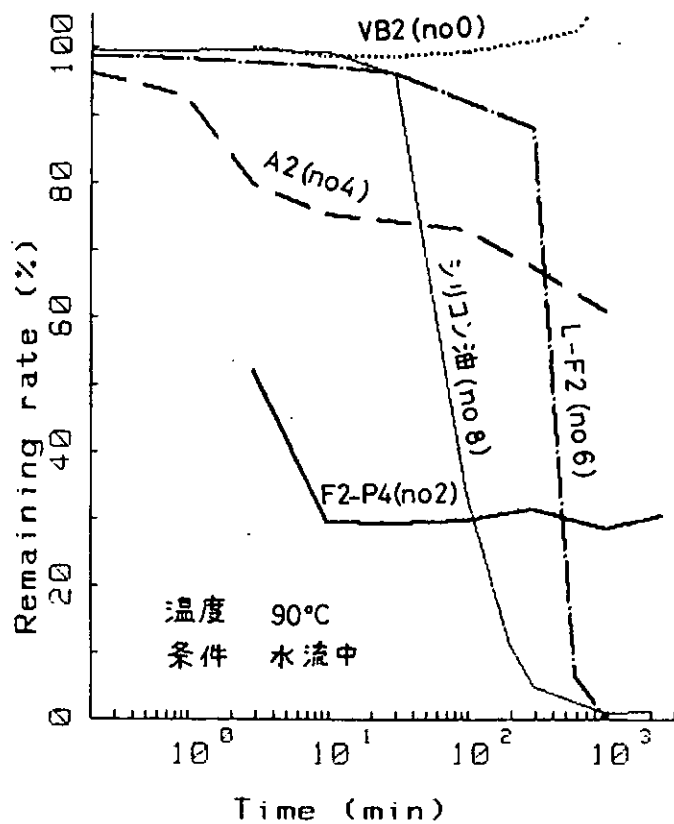


図 2.2.20 試料による差(水流中)

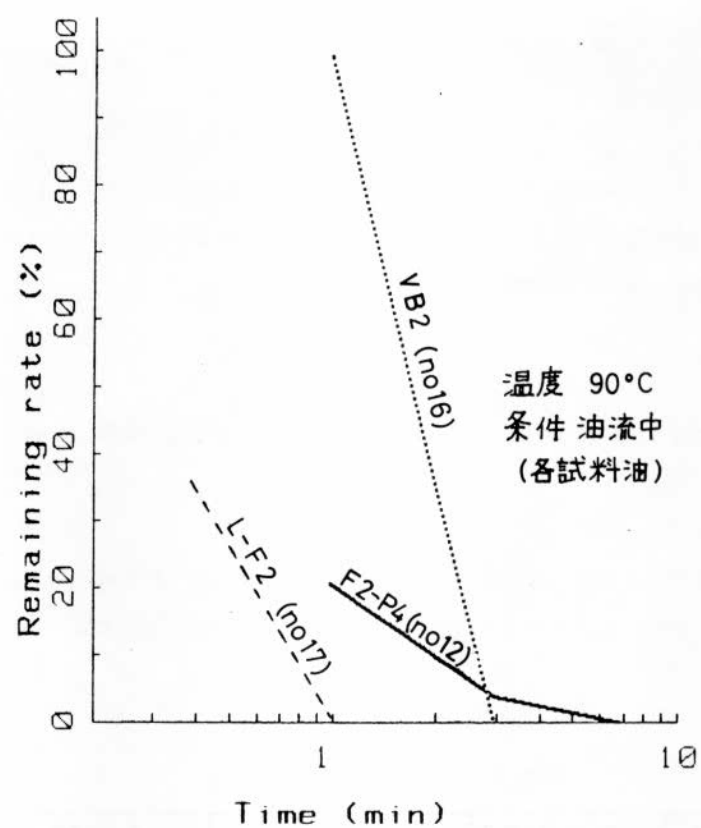


図 2.2.21 試料による差(油流中)

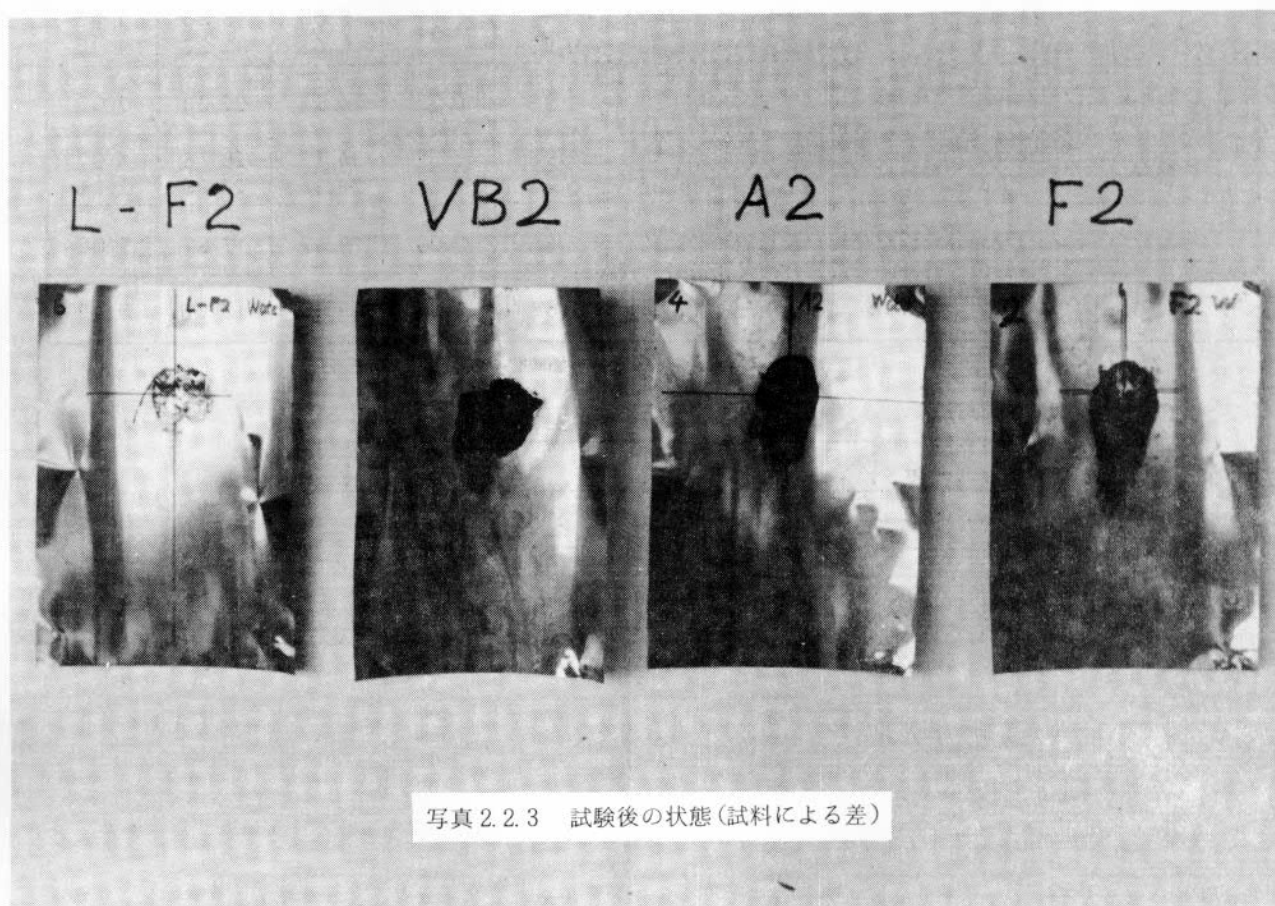


写真 2.2.3 試験後の状態(試料による差)

第 3 章 燃 料 油 の 熱 安 定 性

1. ま え が き

近年、燃料油加熱器へのコークス堆積が実船から時々報告される。この原因のひとつは粘度の増加に伴う加熱温度の上昇であり、もうひとつは燃料油の熱安定性の悪化であると考えられる。我々はヘキサン不溶解分の増加の測定と光学顕微鏡による粒子の観察によって熱安定性の評価を試みた。

2. 試験結果

表 2.3.1 にヘキサン不溶解分の変化を示す。加熱後のヘキサン不溶解分は、蒸発分を補正した値(C/A)を用いた。

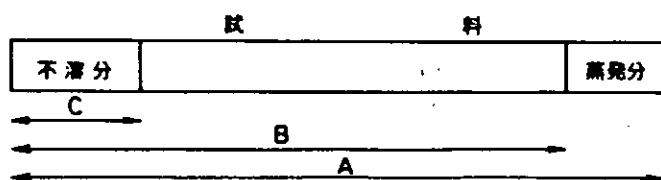
3. 考 察

140℃48時間の加熱によるヘキサン不溶解分の増加は、分解残渣を使用した燃料油の場合にかなり多く、加熱によって不安定になることを示している。このような燃料油の使用に当っては、可能な限り加熱温度を下げ、加熱時間を短くする事が望ましい。

表 2.3.1 不溶解分の増加量

試料油名称	加熱前 ヘキサン不溶解分 (W%)	140℃ x 12 Hr 后				140℃ x 48 Hr 后			
		A - B	C/B	C/A	ヘキサン不溶解分 増加量(W%)	A - B	C/B	C/A	ヘキサン不溶解分 増加量(W%)
A 1	8.53	1.82	9.29	9.12	0.59	11.12	12.91	11.47	2.94
A 2	11.95	5.89	12.15	11.43	-0.52	11.31	15.00	13.30	1.35
	12.21		12.42	11.69	-0.52		15.06	13.36	1.15
VB1	15.28	5.68	18.31	17.27	1.99	10.29	24.84	22.28	7.00
VB2	24.74	11.17	24.52	21.78	-2.96	17.29	34.77	28.76	4.02
	19.44※		22.38※	19.88	0.44		26.34※	21.79	2.35
F 1	12.65	4.46	16.01	15.30	2.65	9.00	19.42	17.67	5.02
F 2	13.23	3.98	15.72	15.09	1.86	6.65	19.99	18.66	5.43

※ ヘキサン不溶解分の乾燥時間 105℃ x 1.5 Hr



第 4 章 燃 料 油 の 加 熱 特 性

1. タンク内における加熱特性

1.1 まえがき

船舶にディーゼル主機用として張り込まれた燃料油は、移送を容易にするために通常90～100 cSt の粘度が保たれている。このために燃料タンクには、ヒーティングコイルが設置され管内に水蒸気を流し、燃料油の加熱を行っている。本研究は、燃料油として分解残渣油を基材とした重質油(超粗悪油)が使用される場合のタンクヒーティング方法での問題点究明のために行われた。

1.2 実験装置及び方法

燃料油タンクに設置されたヒーティングコイルはタンク底部に水平に設置されている。従って、ヒーティングコイルから燃料油への伝熱は、水平管外自由対流で行われ、この伝熱特性を測定するための装置を製作し実験に供した。

実験装置及び方法の概要については、昭和55年度¹²⁾及び昭和56年報告書¹³⁾に記載されているのでこれを参照されたい。

実験で使用したのは、供試油「A」、 「B」及び「C」であり、これらの物性値及び来歴も前述の報告書に記載されている。

加熱管は重質油での伝熱特性を求めるための単管での実験と他の加熱管からの干渉を調査するための管群実験について実施した。管群実験での管ピッチは、実船で採用される値の範囲内にある。供試油と管配列の組合せは、表 2. 4. 1 に示されている。

実験では、また装置に設けられているジャケット部に冷却水を通水した場合の影響についても調査した。

1.3 実験結果

プラントル数が大きく、また物性値が温度によって大きく変化する液体の水平円管外面の平均ヌセルト数($Num = hm \cdot d / k \infty$)を与える式として、次のものがよく知られている。¹⁴⁾

$$Num = K (\eta \infty / \eta_w)^{0.21} (Gr \infty \cdot Pr \infty)^{1/4} \quad (2.4.1)$$

$$K = 0.776 \{ 2 Pr \infty / 5 (1 + 2 Pr \infty^{1/2} + 2 Pr \infty) \}^{1/4} \quad (2.4.2)$$

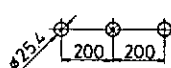
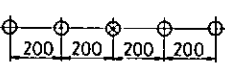
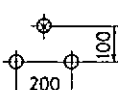
ここに hm ; 管表面平均熱伝達率 ($kcal / m^2 h^{\circ}C$), d ; 管外径 (m),

k ; 熱伝導率 ($kcal / m h^{\circ}C$),

$Pr = \nu / a$; プラントル数 (—),

$Gr = g \beta L^3 (t_w - t \infty) / \nu^2$; グラスホフ数 (—),

表 2. 4. 1 実 験 条 件

加熱管本数 及び 配列	供 試 油		
	A	B	C
単管	—	○	○
水平 3 本 	—	○	—
水平 5 本 	○	○	—
千鳥 3 本 	—	○	—

○ 測定加熱管を示す

η ; 粘性係数 (kgs / m²), ν ; 動粘性係数 (m² / s),
 a ; 温度伝導率 (m² / s), g ; 重力の加速度 (m / s²),
 β ; 膨張係数 (1 / °C), L ; 代表長さ (m),
 t_w ; 管表面温度 (°C), t_∞ ; 周囲流体温度 (°C),

であり、添字 ∞ 及び w は、それぞれ t_∞ 及び t_w における物性値をとることを示している。この式が重質油に対しても適用出来るか、出来ない場合は、重質油の特異性は何かを調査するために、実験が実施された。

実験に先立ち、加熱管からの損失熱量を以下の方法で測定した。すなわち、加熱管表面を周囲流体温度に比べ、わずかに高く保持し、平衡状態に達した後に、供給電力量(熱量)、加熱管表面温度、周囲流体温度、及び室温をそれぞれ測定する。損失熱量は、供給熱量から供試油に伝えられた熱量を差し引いたものであり、供試油への伝達熱量は(2.4.1)式より求めた熱伝達率を用いて算出した。供試油への伝達熱量は損失熱量に比べ、充分小さくなるように加熱管表面温度と流体周囲温度の差を小さくとっているのです、例え(2.4.1)式を重質油に適用した場合の誤差が存在しても、無視することが出来る。

加熱管表面温度と室温の差と損失熱量の関係を図 2.4.1 に示す。伝熱特性を求める実験は、損失熱量が供試油への伝達熱量の10%以下の条件で実施された。

実験の手順、及び熱伝達率(ヌセルト率)を求める方法は、単管実験、管群実験、共に同様である。モデルタンク内に実験条件に従って、配置された加熱管に一定量の電力を供給し、加熱を開始する。この時、冷却水の通水も必要に応じ行われる。長時間(10時間以上)加熱が続けられ、供試油の温度上昇がゆるやかになり、定常状態とみなせると判断されると測定を行う。

測定データからヌセルト数を求める手順は、以下の如くなる。

$$Q_E = Q_T - Q_L \quad (2.4.3)$$

$$h_{exp} = \frac{Q_E}{\pi \cdot d \cdot \ell (t_w - t_\infty)} \quad (2.4.4)$$

$$Nu_{exp} = \frac{h_{exp} \cdot d}{k_\infty} \quad (2.4.5)$$

ここに、 Q_E ; 有効伝達熱量 (kcal / h),

Q_T ; 供給熱量 (kcal / h), Q_L ; 損失熱量 (kcal / h),

h_{exp} ; 実測熱伝達率 (kcal / m² h °C),

d ; 加熱管外径 (m), ℓ ; 加熱管有効伝熱長 (m),

k ; 熱伝導率 (kcal / m h °C) である。

損失熱量 Q_L は、図 2.4.1 から求められ、加熱管から供試油に伝えられた有効伝達熱量 Q_E が算出される。

単管実験の結果を図 2.4.2 に管群実験の結果を図 2.4.3 に示した。いずれも横軸は、(2.4.1)式より求めた管表面平均ヌセルト数であり、縦軸は実験より求めた管表面平均ヌセルト数である。

実験は重質油にかぎっていえば、単管で イレイ数 ($Ra = Gr \cdot Pr$) $7 \times 10^4 \sim 2.7 \times 10^5$, グラスホフ数 $7 \sim 90$, で管群では、 $Ra = 2.4 \times 10^5 \sim 7.5 \times 10^5$, $Gr = 80 \sim 320$ の範囲で行われた。

単管での実験結果は、図 2.4.2 で明らかな如く、(2.4.1)式と良く一致している。このことは供試油程度の重質油であれば、従来のヒーティングコイル設計法を用いても良いことを示している。

図 2.4.2 には、モデルタンクジャケット部に通水した場合と行わなかった場合の結果を合わせて表示しているが、通水の有無による差は表われていない。このことは、ジャケット部の通水は、タンクからの放熱に寄与するのみで、ヒーティングコイル表面の熱伝達には、影響しないことを示している。

他の加熱管からの干渉による管表面熱伝達への影響を調査する目的で行われた管群実験の結果は種々の管配列をま

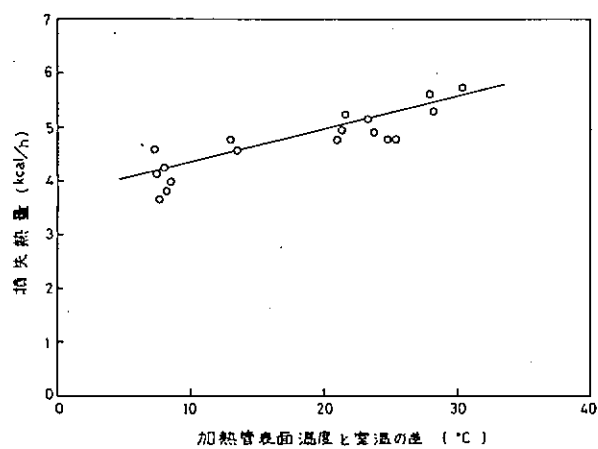


図 2.4.1 損 失 熱 量

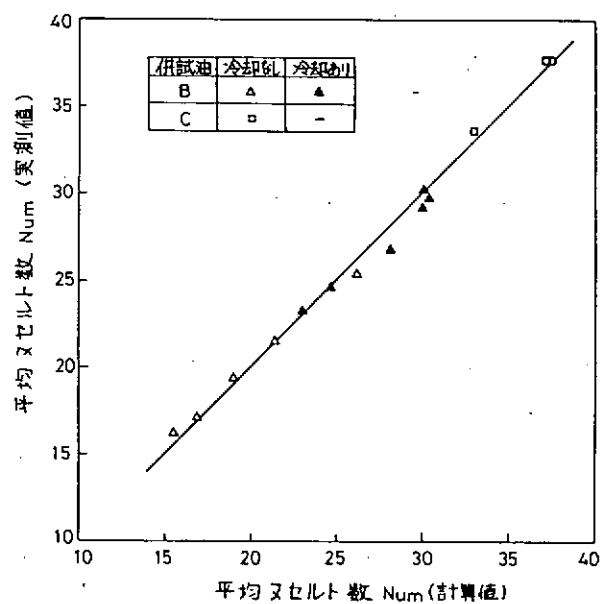


図 2.4.2 単 管 実 験 結 果

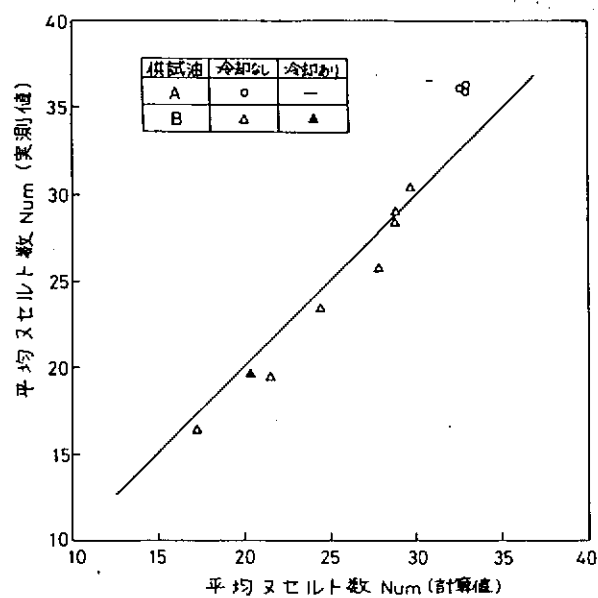


図 2.4.3 管 群 実 験 結 果

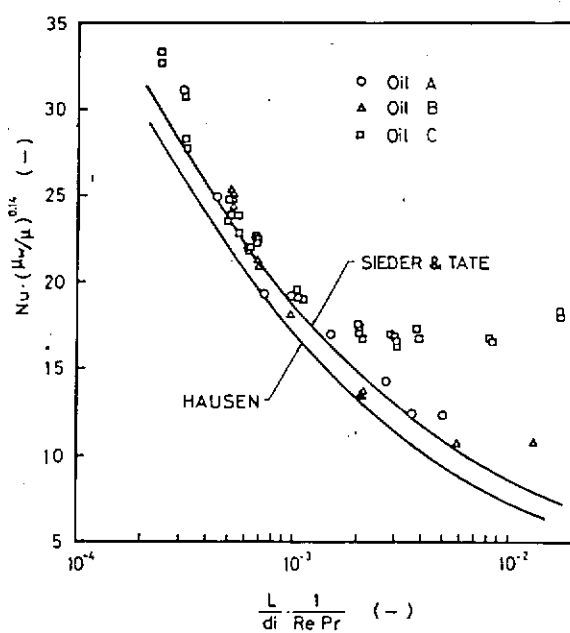


図 2.4.4 管 内 熱 伝 達 率

とめて図 2.4.3 に示している。結果は単管実験に比較して(2.4.1)式との一致は悪いが、供試油 'A' を除けば、±10%の精度内で合っており干渉による影響はないと考えられ、また配列によっての有意差も認められない。

供試油 'A' の実測値が高い値を示しているのは、'A' には、かなり高い温度(約75℃)まで未融解分が存在し、このために相変化が混在した伝熱となったためと推定される。

1.4 考 察

タンク内加熱実験を実施した結果以下の考察を得た。

- (1) 本実験で用いた程度の重質油であれば、ヒーティングコイル設計式として(2.4.1)式を用いて差し支えない。
- (2) タンク外面の冷却は、放熱に寄与するのみであり、ヒーティングコイルから燃料油への熱伝達には影響しない。
- (3) 現状のヒーティングコイル配列で設計を行えば、ヒーティングコイル相互の熱伝達への干渉はない。従って、単管での水平円管外面の伝熱特性式で設計して良い。

2. 配管内における加熱特性

2.1 まえがき

円管内の熱伝達に関する研究は、古くから多くの研究者によってなされており、ニュートン流体に対しての熱伝達を与える相関式は、確立されている。これらの相関式が重質油に対しても、適用可能か否かを、調査するために本研究が実施された。高粘度である重質油を一般的な管内流速(1~2 m/s)で流し、加熱を行うときの流れは、層流と考えられることから、実験は層流域で行われた。

2.2 実験装置及び方法

円管内加熱特性を求めるための実験装置及び方法の詳細については、昭和55年度報告書¹²⁾に記載されており、本報では省略する。

2.3 実験結果

図 2.4.4 に供試油 'A'、'B' 及び 'C' を用いた実験結果を SIEDER & TATE¹⁵⁾ 及び HAUSEN¹⁶⁾ の相関式との対比により示す。SIEDER & TATE 及び HAUSEN の相関式はそれぞれ次のように表わされる。

SIEDER & TATE

$$Nu = 1.86 \left(\frac{d_i}{L} \cdot Re \cdot Pr \right)^{1/3} (\mu/\mu_w)^{0.14} \quad (2.4.6)$$

HAUSEN

$$Nu = 3.66 + \frac{0.0668 (d_i/L) Re \cdot Pr}{1 + 0.04 [(d_i/L) Re \cdot Pr]} \quad (2.4.7)$$

ここに、 $Nu = h_i \cdot d_i / k$; ヌセルト数(—),

$Re = v \cdot d_i / \nu$; レイノルズ数(—),

Pr ; プラントル数(—), h_i ; 管内平均熱伝達率(kcal/m²h℃),

d_i ; 管内径(m), k ; 熱伝導率(kcal/mh℃),

v ; 管内流速(m/s), ν ; 動粘性係数(m²/s),

L ; 伝熱管長(m)

であり、物性値は、流体の出入口平均温度での値をとる。

実験結果から、図 2.4.4 に示めされる無次元数を得る手順についても、昭和55年度報告書に記載されている。

2.4 考 察

配管内加熱特性に関する模型実験を実施した結果、以下の考察を得た。

- (1) 重質油を使用した実験結果は、SIEDER & TATE の相関式とよく一致した。

(2) 供試油 “C” を用いた結果のレイノルズ数の小さい範囲で浮力による二次流れの影響が見られるが、重質油では、プラントル数が大きく、一般的な加熱条件下では、この現象は、生じないと推定される。従って、浮力による影響についての解析は、実施していない。

第 5 章 燃 料 油 の 流 動 特 性

1. タンク内における流動特性

1.1 まえがき

重質油を船用燃料油として使用する場合、従来燃料油より高粘度であることから生じる燃料タンクへの漲込み時、或いは、燃料油抜き出し時の問題点を解明しておく必要がある。

本研究は、シリコン油を模擬重質油として使用し、高粘度油のタンク内流動特性を調査することを目的に実施された。

1.2 模擬重質油の性状

本実験に使用した模擬重質油は、供試油「B」と等しい粘度のシリコン油とこれの3倍の粘度のシリコン油である。また抜き出し実験では高粘度油との比較のため灯油を使用した。

以上の模擬重質油の性状を表 2.5.1 に示す。

本実験で重質油を使用しなかったのは、いずれも濃い黒色を呈しており、流動状態を観察しにくいこと、タンク壁面に付着するとタンク内の観察が不能になる理由による。

1.3 実験装置及び方法

タンク内流動実験で使用したモデルタンクは、特定船のモデル化により構成されてはいない。燃料タンクは、船舶毎にそれぞれ適切に設計されており標準型はないと考えられる。特にタンクの内部には、ヒーティングコイルやスティフナー等の障害物が複雑に配置されており、これを一般化することは、非常に困難である。しかしながら、代表的

表 2.5.1 模 擬 重 質 油 の 性 状

項 目	模 擬 重 質 油	シリコン油 (KF96-1000)	シリコン油 (KF96-3000)	灯 油
流動点	℃	-50 以下	-50 以下	
比重 (15/4℃)		0.965~0.975	0.965~0.975	0.787
粘度 (25℃)	cSt	1000±50	3000±150	1.54
比熱 (25℃)	kcal/kg℃	0.36	0.36	0.47
熱伝導率 (25℃)	kcal/mh℃	0.137	0.137	
膨張率	1/℃	0.93×10^{-4}	0.93×10^{-4}	0.92×10^{-3}

な障害物の形状をモデル化し、これについて高粘度油と一般に使用される燃料油との比較調査を行えば、流動状態の良否の判別が可能であると考えられる。船舶に燃料油が漲り込まれる場合の油面上昇速度は、一般に二重底タンクで 0.5～2 m/h、サイドタンクで 0.1～4 m/h の範囲である。一方、サービスタンクに移送する際の燃料タンクにおける油面下降速度は、油面上昇速度の 1/5～1/10 である。これらの諸条件を考慮して、タンク内流動実験用モデルタンクの大きさを決定し、漲り込みタンクの底面積を抜き出しタンクの 1/7.5 とした。

図 2.5.1 に実験装置のフローシートを、図 2.5.2 に抜き出し実験に使用したベルマウスを、図 2.5.3 に漲り込み実験に使用した仕切板を示す。

抜き出しタンクの大きさは、巾 580 mm、奥行 580 mm、深さ 100 mm、漲り込みタンクは巾 450 mm、奥行 100 mm、深さ 600 mm であり、いずれも流動状態の観察のために透明アクリル板で製作されている。漲り込みタンクは、図 2.5.3 に示す仕切板が、巾方向の 1/2 の位置に取付け出来る構造になっている。表 2.5.2 に実験条件を示す。

抜き出し実験は、液面下降速度を通常の約 10 倍吸入管内流速 0.35 m/s の条件のもとで 3 種類の模擬重質油につい

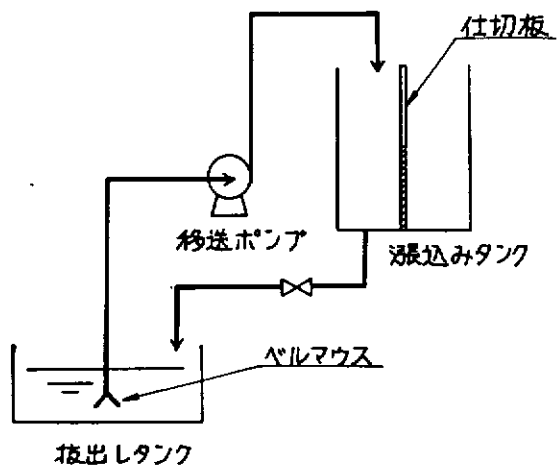


図 2.5.1 実験装置フローシート

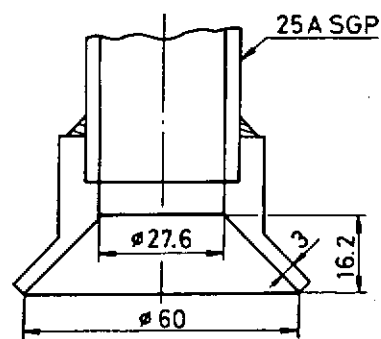


図 2.5.2 ベルマウス

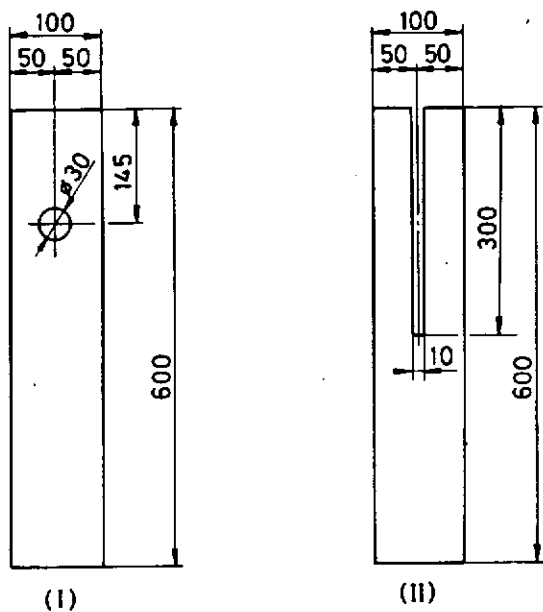


図 2.5.3 仕切板

表 2.5.2 模擬重質油の性状

項目	実験条件	模擬重質油
張込み実験	油面上昇速度 $3.4 \sim 15.9 \text{ m/s}$	シリコン油 (KF96-1000)
		シリコン油 (KF96-3000)
拔出実験	油面下降速度 2.1 m/s	灯油
		シリコン油 (KF96-1000)
		シリコン油 (KF96-3000)

て、タンク底面からベルマウスまでの距離、言い換えれば、次式で定義した吸入面積比をかえて実施され、ベルマウス入口付近の流動状態の観察と吸入面積比が、吸入量に及ぼす影響を調査した。

$$\text{吸入面積比} = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot C}{\pi/4 \cdot D_0^2}$$

ここで D_0 は、ベルマウス入口部の直径 (m) であり、 C はタンク底部からベルマウス入口部までの距離 (m) である。

吸入流動は、漲り込みタンクの仕切板を取除いて液面上昇速度を測定し、計算により求めた。漲り込み実験は、図 2.5.3 に示す仕切板を漲り込みタンクに取付け、それぞれの流動状態を観察するとともに、ビデオカメラ及び 35mm カメラによる撮影を行った。

漲り込まれる模擬重質油の流量は、あらかじめ仕切板のない状態での液面上昇速度より求めておき、同じ条件でポンプの運転を行い、仕切板付の流量とした。模擬重質油の移送はモノスリューポンプで行い、流量の調整は直結の無段変速機によりポンプ回転数を制御することにより行われた。使用した仕切板の(I)は、流動状態の観察のみに使用し、(II)では、流動状態の観察及び流量とせきの水頭の関係を測定した。

1.4 実験結果

油移送ポンプの回転数を一定とし、吸入面積を変えて、3種類の模擬重質油について行った吸込実験の結果を図 2.5.4 に示す。図中の斜線部は、JIS F 3020 で規定されたベルマウスの吸込面積比である。この図から明らかなように、吸入面積比を JIS 規定値以下とした場合も吸入量に与える影響はないことが判る。また、これらの実験中に観察したベルマウス周辺の流動状態では、粘度の影響による差は認められなかった。

漲り込み実験で仕切板(II)を用いて得られた漲り込み流量とせきの水頭の関係を図 2.5.5 に、油面がせきを越えた後のせき下流側油面とせきまでの距離 H と、せき上流側油面と、せき下流側液面の差 h' の関係を図 2.5.6 に示す。

図 2.5.5 の実線は、漲り込みタンクに取付けられたせきを JIS K 0094 に規定された四角せきと見なし、流体を水とした場合の流量とせきの水頭の計算値である。

四角せきでの流量 Q 、及び流量係数 K の算出は次式による。

$$Q = KBh^{3/2} \quad (2.5.1)$$

$$K = 107.1 + \frac{0.177}{h} + \frac{14.2 h}{D} - 25.7 \sqrt{\frac{(B-b)h}{DB}} + 2.04 \sqrt{\frac{B}{D}} \quad (2.5.2)$$

ここに、 B ; 水路の巾 (m)、 h ; せきの水頭 (m)、 D ; 水路の底面から切欠き下縁までの高さ (m)、 b ; 切欠きの巾 (m) である。

水に比較し、約 3,000 倍の粘度を持つ高粘度流体でも、せきの水頭は、2 倍以下であることがこの図からわかる。

図 2.5.6 は、3,000 cSt のシリコン油を用いた実験でのせき下流側タンクの油面と、せきを越した後の上流側と下流側の油面との関係を示している。これから明らかなように、下流側の側面が、せきから約 120 mm 以上になると、落差は 10mm 以下になることを示している。

仕切板(II)を用いた漲り込み実験では、スリット巾がタンク断面の $1/6$ であり、実船では考えられない条件である。さらに、きびしい条件である仕切板(I)を用いた実験において仕切板上流側の油面が異常に上昇しなかったことから実験範囲内の粘度であれば、流体が高粘度であることに起因する流動阻害は生じないと考えられる。

1.5 考 察

燃料タンクからサージタンク等へ燃料を移送する配管系統に使用される油吸入ベルマウスに JIS F 3020 の形状を適用しても 3,000 cSt 以下の燃料油であれば、ベルマウス吸入面に以上 DEAD OIL が存在しないことが明らかになった。

漲り込み時においても、燃料油の粘度が 3,000 cSt 以下であれば、高粘度であることによる流動阻害は生じない。

燃料油がせきを越して流れる場合の流量係数についての解析は、モデルタンクが JIS K 0094 に規定される流量測

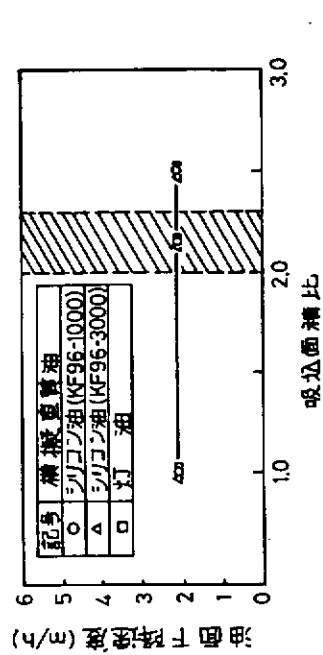


図 2.5.4 吸込実験結果 (一)

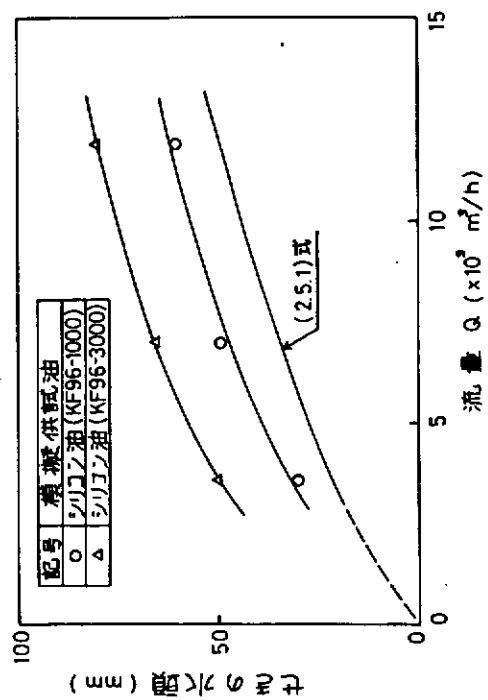


図 2.5.5 流量とせきの水頭の関係

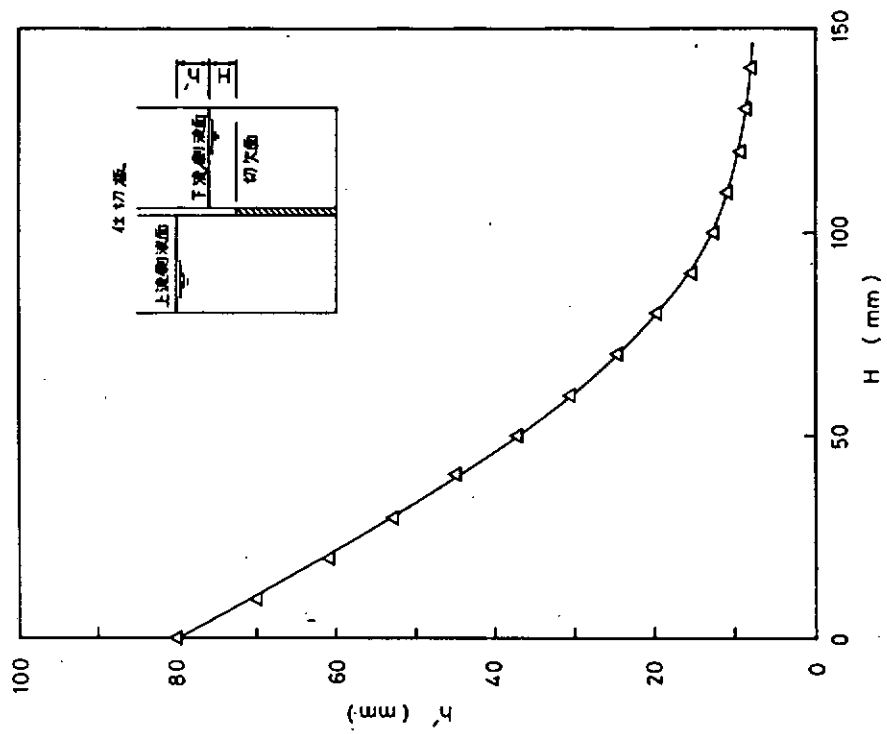


図 2.5.6 張り込実験結果

定用のせき構造に適合していないため行っていない。

2. 配管内における流動特性

2.1 まえがき

本研究は、従来より設計製作されている燃料移送用配管システムが重質油に対しても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明らかにすることが目的である。このため配管系の各要素毎に流動特性実験を行い、この結果を従来の相関式あるいは、実測値と比較し、従来設計法適用の可否の判別と適用条件を究明した。

2.2 実験装置、方法及び実験結果

実験装置及び方法については、昭和56年度報告書に記載されており、本報では省略する。

実験は、2種類の直管、4種類の曲率半径を持つベンド、エルボ、ティー、船用仕切弁、船用玉形弁、及び油こし器について行われた。これらの実験結果も全て、報告されており本報では直管及びベンドの結果のみを再掲する。

充分発達した層流の直円管内における摩擦係数 λ_s は、HAGEN-POISEUILLEの式が知られている。

$$\lambda_s = 64 / \text{Re} \quad (2.5.3)$$

ここに、 $\text{Re} = d_i \cdot v / \nu$ ；レイノルズ数(—)， d_i ；管内径(m)， v ；流速(m/s)， ν ；動粘性係数(m^2/s)である。

図2.5.7に実験結果を(2.5.3)式の対比で示した。図から明らかなように、実験により求めた摩擦係数は(2.5.3)式とよく一致しており、供試油をニュートン流体として取扱って差し支えないことを示している。

ベンドを用いた実験結果は得られた摩擦損失と等しくなる直管の仮想長さ ℓ' と、ベンドの中心部での長さ ℓ との比で整理した。これの曲率半径 R と、管半径 a との比による影響を示したのが図2.5.8である。この図からベンドの曲率半径が判れば、圧力損失の算出が可能となった。

2.3 考 察

配管内流動特性に関する模型実験を実施した結果、以下の考察を得た。

- (1) 層流域における管摩擦係数の算出には、(2.5.3)式が適用出来る。
- (2) 曲り管(ベンド・エルボ)の R/a と相当長比 ℓ'/ℓ の関係が得られ、曲り管での圧力損失計算が可能となった。
- (3) 船用玉形弁・船用仕切弁及び油こし器に関する結果の一般化はできなかったが設計上の指針は得られた。

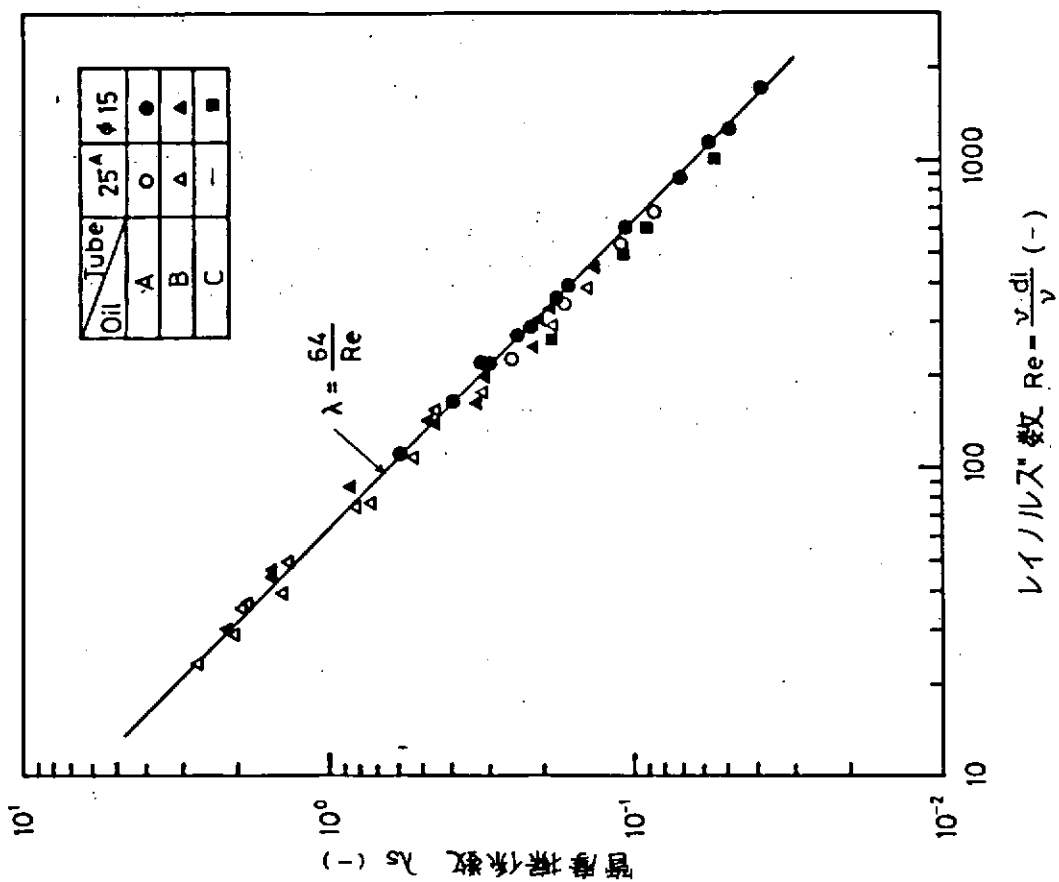


図 2.5.7 管 摩 擦 係 数

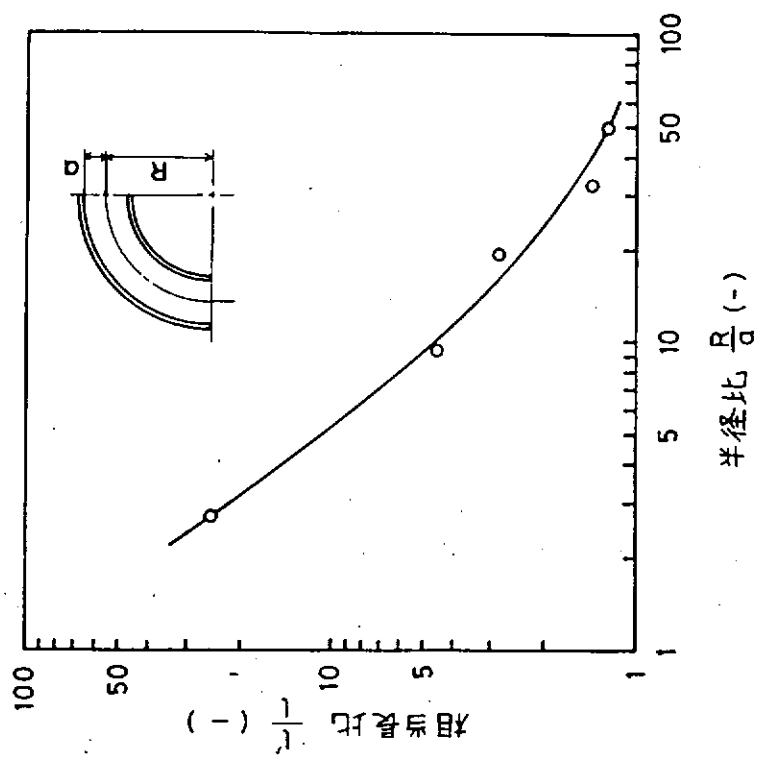


図 2.5.8 曲り管の直管相当長比

第6章 アスファルテン等スラッジの析出

1. まえがき

熱安定性の悪い分解残渣油をヒーティングコイル、スチームトレース管、油加熱器等で加熱した場合、加熱条件によってはアスファルテン等のスラッジが析出し伝熱性能を著しく低下させる。配管内における加熱の場合では、これが進行すると配管を閉塞することも予想される。

本研究は、加熱条件(伝熱管表面温度、熱流束等)とアスファルテン等スラッジ析出の関係を明らかにし、燃料系統に使用される燃料油加熱機器の最適加熱条件を究明することを目的に実施された。

伝熱管表面に析出したスラッジの量、或いは、厚さを測定することは困難であることから、本実験ではこれを伝熱抵抗として評価している。

2. 実験装置及び方法

図 2.6.1 に実験装置のフローシートを、図 2.6.2 に供試熱交換器を示す。

供試熱交換器の構造は、内径25mmのSTPG 38製の外管に伝熱管として外径14mmのカートリッジヒータ(1.6 kW)を挿入した2重管式熱交換器である。カートリッジヒータの外管は、実験中の腐食により生成する錆が伝熱抵抗として表われ、スラッジによるものと区別がつかなくなることを避けるために耐食性の良いSUS 304を使用した。伝熱管は先端より20mmの位置から400mmが加熱部になっており、加熱部の両端と中央の3ヶ所には、管表面温度を測定するた

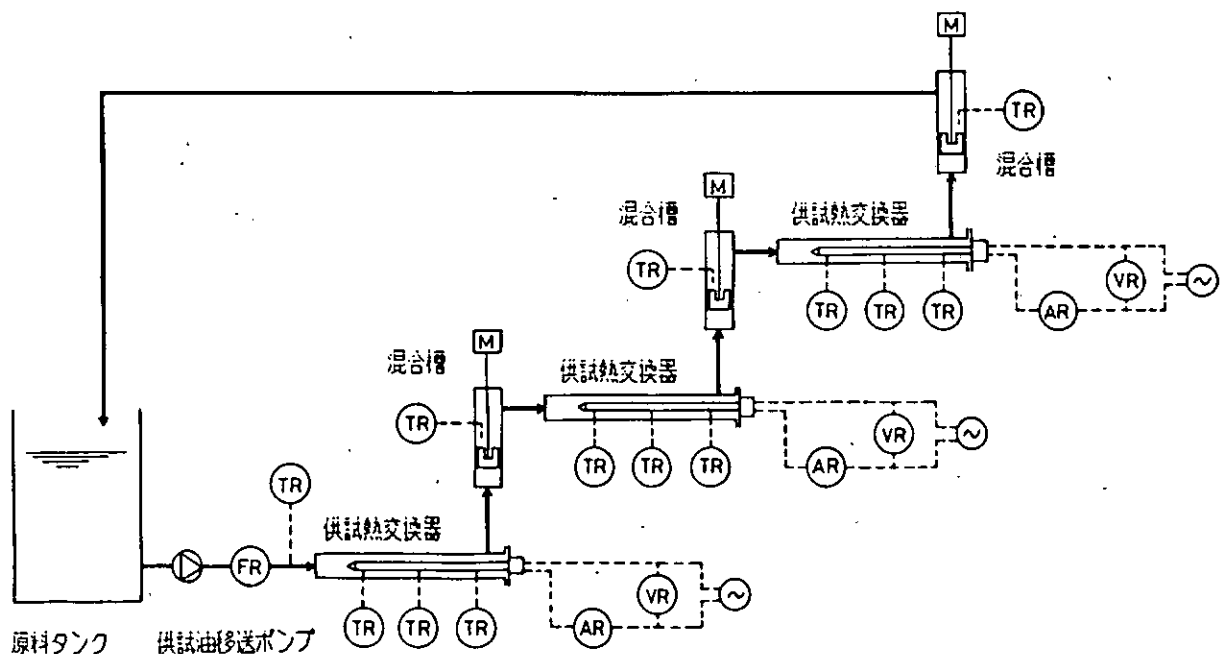


図 2.6.1 実験装置フローシート

めのC-A熱電対温度計(シース径 ϕ 1 mm)が図 2.6.3 に示される状態に埋め込まれている。伝熱管の先端には高さ15 mm底辺の直径14mmの円すい状の金具が溶接され、流れの乱れを小さくするように考慮されており、また、伝熱管を外管の中心に保持するために、伝熱管の流体入口側に巾10mm、厚さ1 mmの板が取付けられている。供試熱交換器は、3基製作され配管系に直列に接続し、上流側からNo 1, 2 及び 3 供試熱交換器と称した。各供試熱交換器の出口には、昭和55年度に実施した配管内加熱実験で使用したものと同一形状の攪拌機付混合槽が設けられ、槽内に取付けられたC-C熱電対温度計(シース径 1.6 mm)により供試油出口温度が計測される。No 1 供試熱交換器での供試油入口温度は、供試油移送ポンプ(ギヤーポンプ)で充分混合され、均一温度となっていると考えられるので、混合槽は特に設けず、

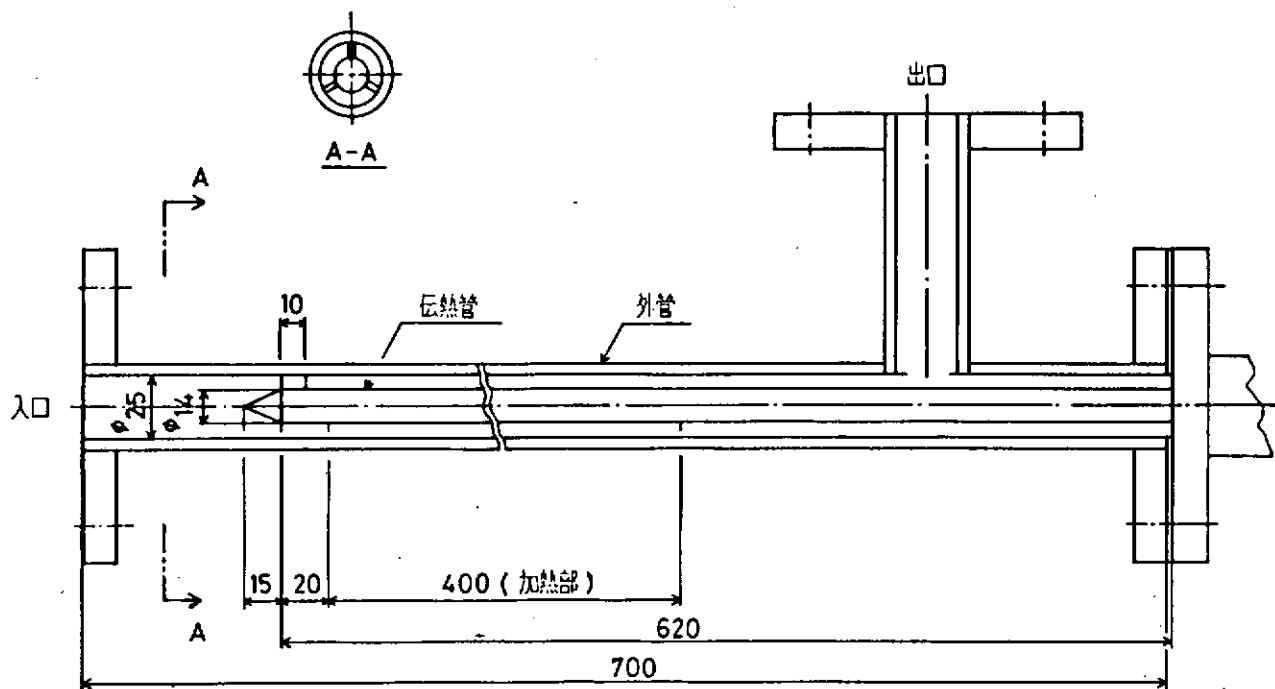


図 2.6.2 供試熱交換器

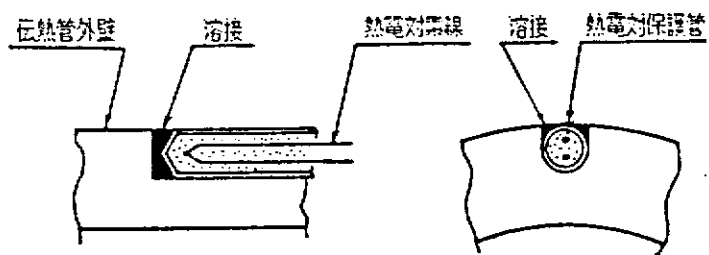


図 2.6.3 熱電対取付詳細

表 2.6.1 実験条件

項 目 \ 供試油	B	VB2
管内流速	0.2 m/s 2.0 ,	0.2 m/s 1.6 ,
伝熱管表面温度	135 °C 165 , 195 ,	135 °C 165 , 195 ,

配管内にC-C熱電対温度計(シース径 1.6 mm)を取付け計測した。No 2, 及びNo 3 供試熱交換器は、上流側混合槽と直結しており、混合槽から供試熱交換器までの供試油の温度降下は少く、無視出来ると考えられるので、供試油入口温度は上流側の出口温度と等しいものとした。供試熱交換器に供給される電力は、各伝熱管(ヒータ)毎に設けられたサイリスタ電力調整器により実験条件に合わせて調整、供給され、供給量は電圧及び電流をそれぞれ電圧トランスデューサ及び、電流トランスデューサにより直流電圧に変換して計測した。図 2. 6. 1 に示すその他の機器である原料タンク、供試油移送ポンプ、流量計もまた、配管内加熱実験で使用したものであり説明は省略する。

実験に使用した供試油は“B”及び第2編の一連の実験に供された重質油中でアスファルテンの最も多いVB 2 である。

アスファルテン等析出実験は、原料タンクに溜り込まれた供試油をタンク内に設けられた加熱管に水蒸気を通し所定温度まで加熱することから始まる。加熱が終ると供試油は供試油移送ポンプにより系を循環し、流量が表 2. 6. 1 で示す実験条件に、ポンプと直結された無段変速機により回転数を変え制御される。実験条件で定めた管内流速の内、高速側は燃料油が管内を流れ加熱される場合の一般的な値であり、低速側はこの実験とは流れの様式は異なるが、燃料油が管外側を流れ加熱される場合に存在する流速であることにより選定した。

原料タンクに戻る供試油の温度降下が少くなり系全体の温度が上がったと判断されると、各供試熱交換器の伝熱管表面温度が実験条件になるように、サイリスタ電力調整器で調整された電力の供給が始める。伝熱管表面温度は系の上流側に設けられたNo 1 供試熱交換器から順に 135℃、165℃及び195℃となっている。165℃及び195℃は、それぞれ 6 atg、16 atgの水蒸気の飽和温度であり、船内に一般に存在する品質のものであることにより採用した。又、135℃については、これらの水蒸気が 2 atgまで減圧され、使用されることを想定したものである。伝熱管表面温度は、加熱部中央に取付けられた熱電対温度計での測定値を基準とした。この理由は、この点が伝熱管に加えられた熱の軸方向への伝達が最少になることによるものであり、従って、伝熱抵抗の解析も加熱部中央で行った。

伝熱管の加熱と同時に、供試油流量、供試油出入口温度、伝熱管表面温度、印加電圧及び電流の測定が開始される。これらの流量、温度、電圧、電流は全て直流電圧に変換されマルチチャンネルデジタルマルチメータにより30分間隔で実験終了まで連続測定された。

供試油の成分分析は、n-ヘキサン不溶解物質、及び、アスファルテンについて連続運転の開始時と終了時に行った。但し、VB 2 を用いた流速が 0.2 m/s における実験は短時間で終了したので、終了時の分析は行っていない。また、連続運転終了時の供試油と管表面に析出したスラッジについてのC.H.N.分析を行った。

一連の実験中の流量及び電力量は、実験開始時に設定を行った後は、特に制御は行っていない。流量は±2%、電力は±10%の変動であったが、伝熱抵抗を求める際には、計算で容易に補正可能である。また電力量不変で実験を実施したため、加熱部中央に取付けられた熱電対温度計の値がスラッジ析出と共に上昇することもあったが、この場合でも管外熱伝達率と流体温度が変わらないとすれば、流体界面温度は実験開始時と変わらないことから、あえて供給電力量不変の条件を採用した。

運転は約 300時間か、又は、スラッジ析出より加熱部中心における伝熱管表面温度が初期設定温度より約40℃上昇するまで続けられた。

一連の実験が終了すると供試油が同じの場合は伝熱管表面の清掃のみを行い、供試油が変わる場合は、表面の清掃と供試油を抜き出した後に昇温した灯油により系内のフラッシングを充分に行い次の条件での実験に供した。

3. 実験結果

3.1 予備実験

本実験で使用した供試熱交換器は、助走区間が短かく充分発達した流れ場における伝熱ではない。2重管で流れの発達していない場合の局所熱伝達率を与える相関式はなく、スラッジの析出を伝熱抵抗として評価するには管表面に

また、管表面に取付けられた熱電対温度は、図 2.6.3 に示すように熱電対の先端の位置が管表面になく、真の管表面温度を測定していない。従って、真の管表面温度を求めるためには各供試熱交換器毎に、熱電対先端から管表面までの熱抵抗(管壁抵抗 R_w で表わす)を知っておく必要がある。

予備実験で得られたデータから以下の手順により管壁抵抗及び伝熱特性式が求められた。

$$U_c = \frac{Q}{\pi d_0 l (t_w - t_b)} \quad (2.6.1)$$

熱通過率を管外熱伝達率 h_o ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$) と、管壁抵抗に分けて表示すると次式となる。

$$\frac{1}{H_c} = \frac{1}{h_0} + R_w \quad (2.6.2)$$

$$v = \frac{w}{\pi/4 \cdot (D^2 - d_0^2)} \quad (2.6.3)$$

一方、層流域における2重円管内のヌセルト数($Nu = h_o \cdot d_o / k$)を求める相関式を一般形で表示すれば、次式の如くなる。

$$\text{Nu} = C \cdot \text{Re}^{1/2} \cdot \text{Pr}^{1/3} \cdot (\mu / \mu_s)^{0.14} \quad (2.6.4)$$

(2.6.4)式から物性値が一定とすれば、管外熱伝達率と流速の関係は次式で表わされる。

$$1/\hbar\omega \propto 1/v^{1/2} \quad (2.6.5)$$

$v = \infty$ で、 $h_0 = \infty$ であることから、 $1/v^{1/2}$ と $1/U_c$ の関係を1次式で近似し $1/v^{1/2} = 0$ ($v = \infty$)における $1/U_c$ の値を求めると、管壁抵抗が得られることは(2.6.2)式から明らかである。最小2乗法を用いて得られた各供試管の管壁抵抗はそれぞれ

Rw = 0.00134	$\text{m}^2 \cdot \text{h}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{kcal}$	(No. 1 供試熱交換器)
= 0.00113	"	(No. 2 ")
= 0.00131	"	(No. 3 ")

- 103 -

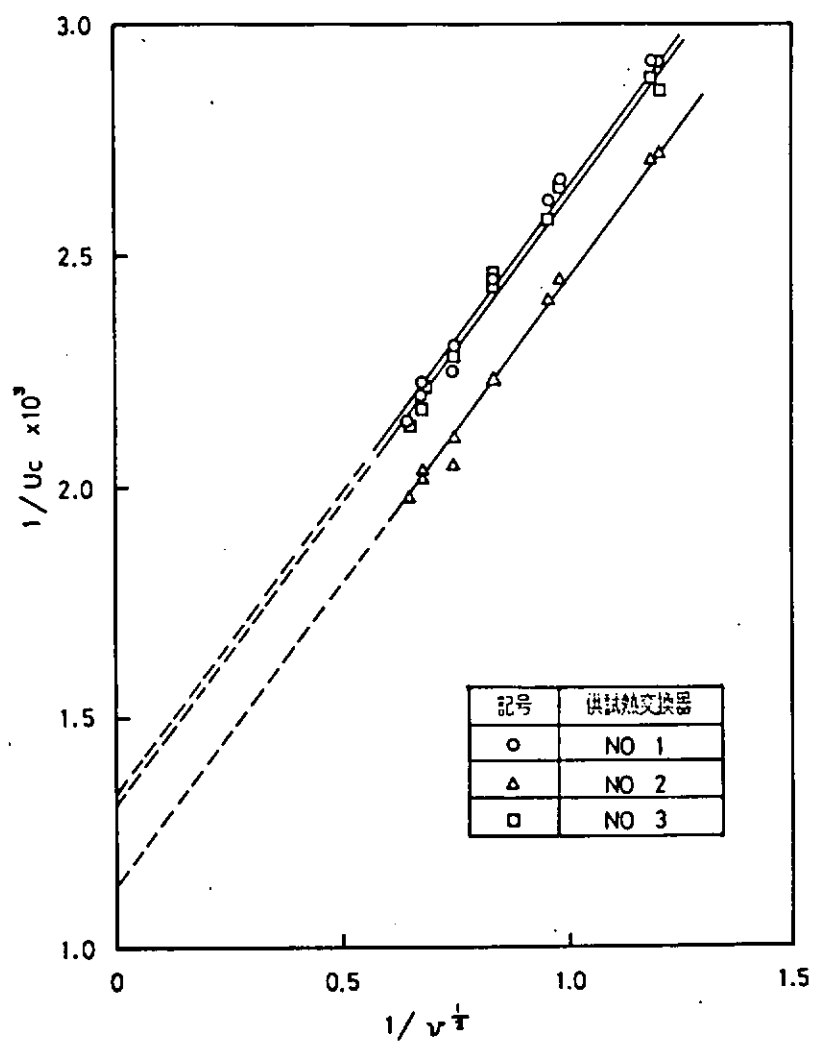


図 2.6.4 管壁抵抗

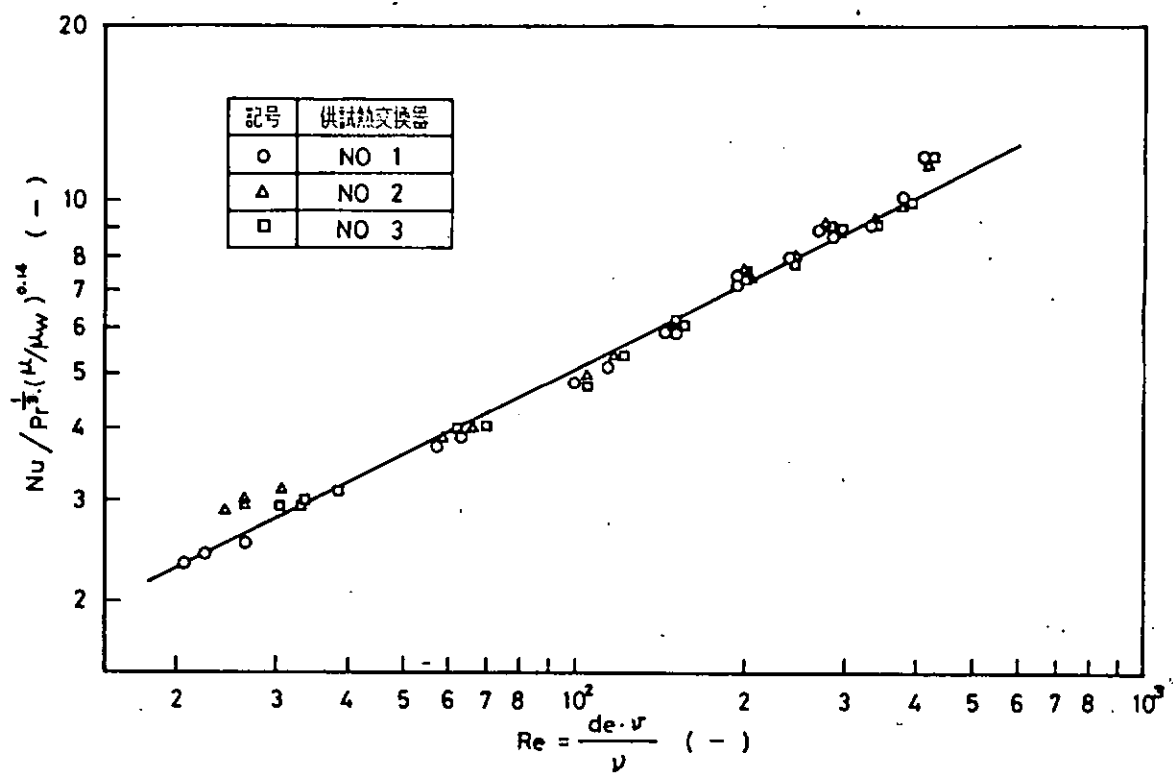


図 2.6.5 管外側熱伝達率

得られた管壁抵抗を用いて(2.6.2)式より管外熱伝達率が算出され、ヌセルト数が求まる。実験で求められたヌセルト数を(2.6.4)式、右辺の物性値で除したものと、レイノルズ数の関係を図2.6.5に示す。これより(2.6.4)式の係数が求められ実験により得られた加熱部中央での管表面における伝熱特性式は次のように表わされる。

$$Nu = 0.508 Re^{1/2}, Pr^{1/3} (\mu / \mu_w)^{0.14} \quad (2.6.6)$$

図2.6.5には、アスファルテン等析出実験での析出が発生していないと考えられる実験初期のデータも合わせて記されているが、予備実験の結果と良く一致しており実験式が妥当であることを示している。

3.2 アスファルテン等スラッジの析出

伝熱管表面に析出したスラッジを供試油と分離しこれの量、或いは、厚さを測定することはスラッジと供試油の区別が付きにくいことから非常に困難である。従って、本実験ではスラッジの析出量を伝熱抵抗として評価するにとどめた。

伝熱管表面にスラッジ等の伝熱抵抗 R_f ($\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} / \text{kcal}$) となるものが存在すると、この場合の熱通過率 U_d ($\text{kcal} / \text{m}^2 \text{h} ^\circ\text{C}$) は(2.6.2)式が書きかえられ、

$$\frac{1}{U_d} = \frac{1}{h_o} + R_w + R_f \quad (2.6.7)$$

となる。この式を R_f についてまとめると次式となる。

$$R_f = \frac{1}{U_d} - \left(\frac{1}{h_o} + R_w \right) \quad (2.6.8)$$

(2.6.8)式の熱通過率は、(2.6.1)式の U_c を U_d と置きかえることによって求まる値であり、 h_o は(2.6.6)式から求めることができる。 R_w は予備実験によりあらかじめ得られており、これにより伝熱抵抗が求められる。

実験で得られた熱通過率の経時変化を図2.6.6～2.6.9に、また(2.6.8)式で求めた伝熱抵抗の経時変化を図2.6.10～2.6.12に示した。

供試油「B」を用いた実験では、流速 0.2 m/s 、管壁温度 195°C の条件でスラッジの析出が見られ、この様子を写真2.6.1に示す。伝熱抵抗は、図2.6.10に見られる如く、運転終了時においても、まだ増加の傾向を示している。供試油「B」を使用した他の組合せによる実験では、図2.6.6及び図2.6.7に見られる如く熱通過率の低下はなく、スラッジの析出はなかったか、或いは、あったとしても微量であると考えられる。

供試油VB2を使用した実験では、伝熱抵抗が顕著に表われた。特に、管壁温度を 195°C に設定して始められた実験での伝熱抵抗は流速に関係なく大きい値となり、大巾な熱通過率の低下となって表われている。スラッジ析出速度も速く、流速 0.2 m/s では伝熱管の加熱開始後、約10時間で管壁温度上昇が 40°C となった。析出したスラッジは「B」と異り、伝熱管の全周を均一に被っており、この状態を写真2.6.2に示す。

供試油「B」では、スラッジの析出がなかった加熱条件でも管壁温度 135°C 、流速 1.6 m/s の条件を除いて全てに伝熱抵抗の発生が見られる。但しこれらの条件では、管壁抵抗が増加しているのに対して、ほぼ飽和状態になっており、その値は燃料油の伝熱面における汚れ係数として知られている値の範囲内である。

3.3 アスファルテンの増加

実験に使用された供試油は、連続運転の開始時と終了時に、 n -ヘキサン不溶解分、及びアスファルテンの分析が行われ、これらの量とスラッジ析出の関係を調査した。また連続運転終了時にスラッジの析出が発生した場合は、供試油及びスラッジのCHN分析を行い、伝熱面に付着した物質と供試油の相違を判定した。これらの分析結果を表2.6.2に示す。

流速 0.2 m/s における供試油「B」とVB2に含まれる n -ヘキサン不溶解分及びアスファルテンの量は、ほぼ等しい。にもかかわらず、スラッジの析出はVB2で圧倒的に多いことは燃料油中に含まれるアスファルテン等の量

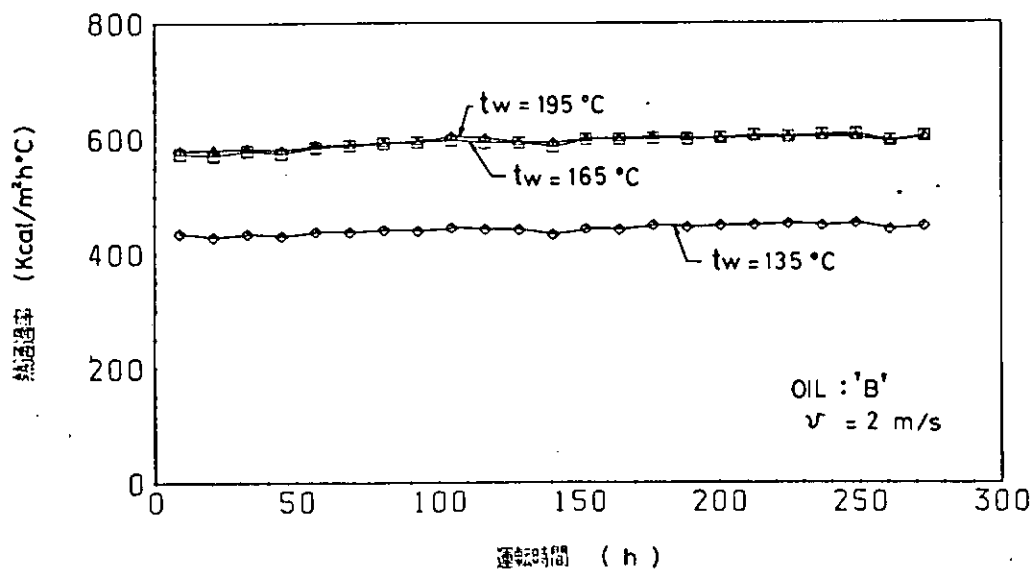


図 2.6.6 熱通過率の経時変化

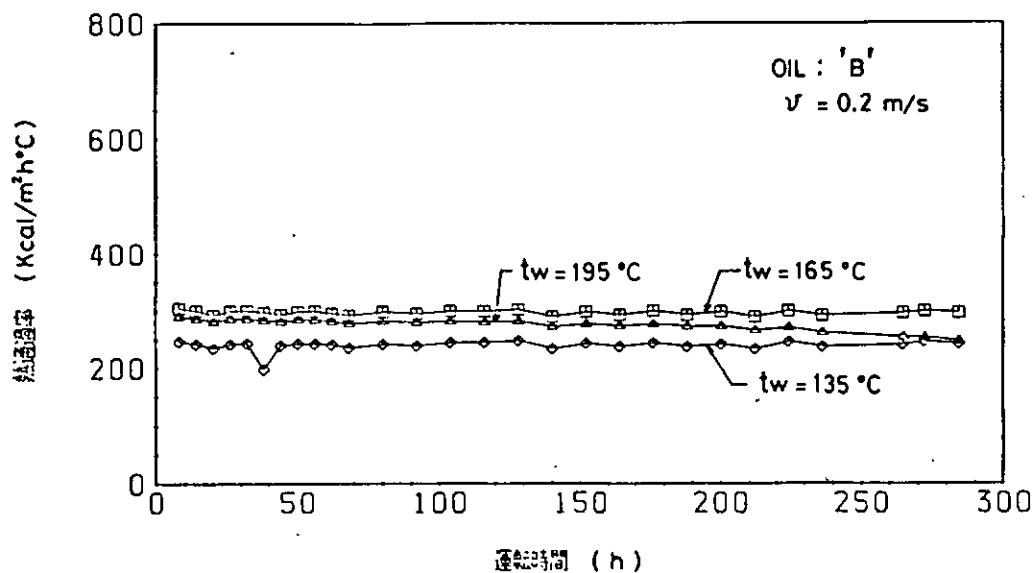


図 2.6.7 熱通過率の経時変化

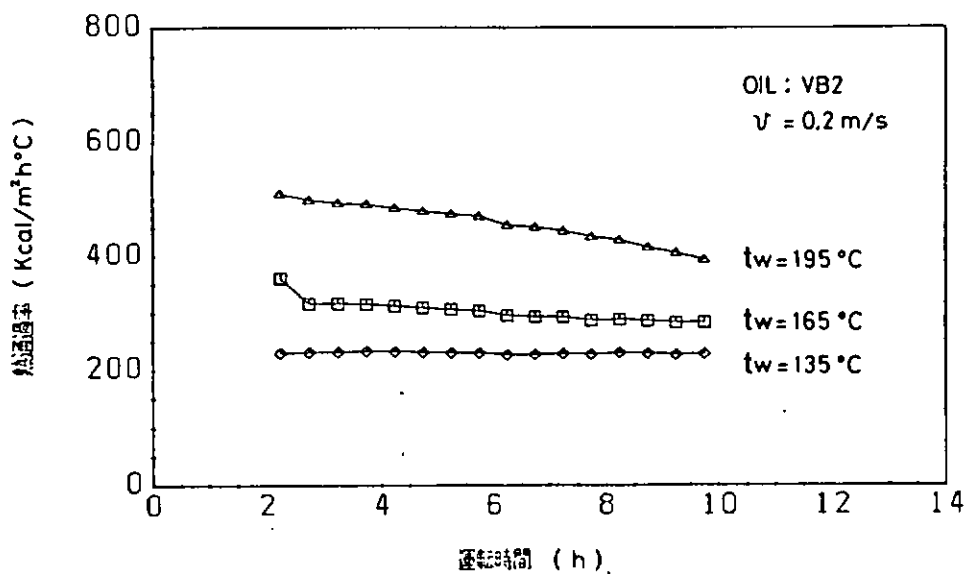


図 2.6.8 熱通過率の経時変化

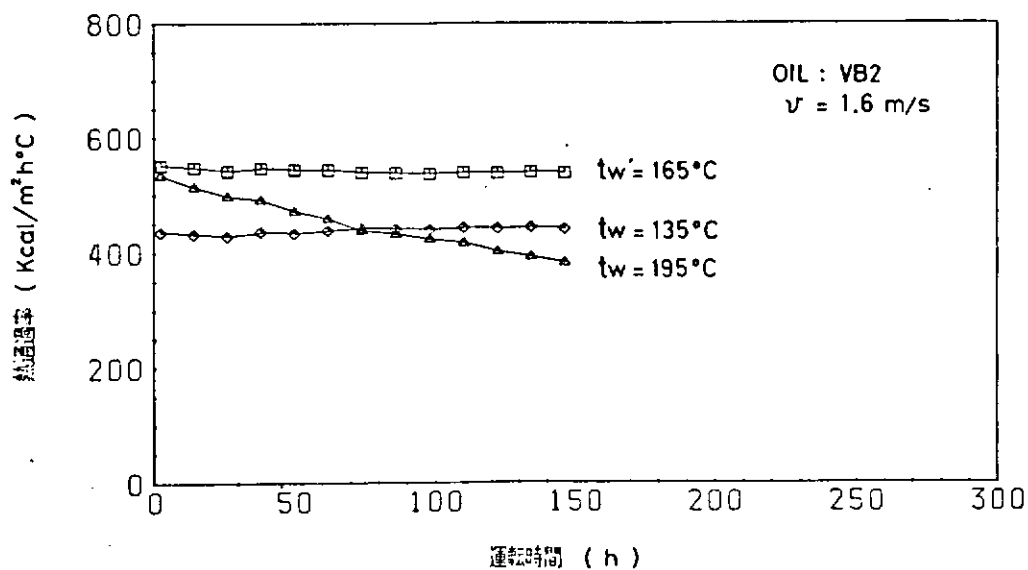


図 2.6.9 熱通過率の経時変化

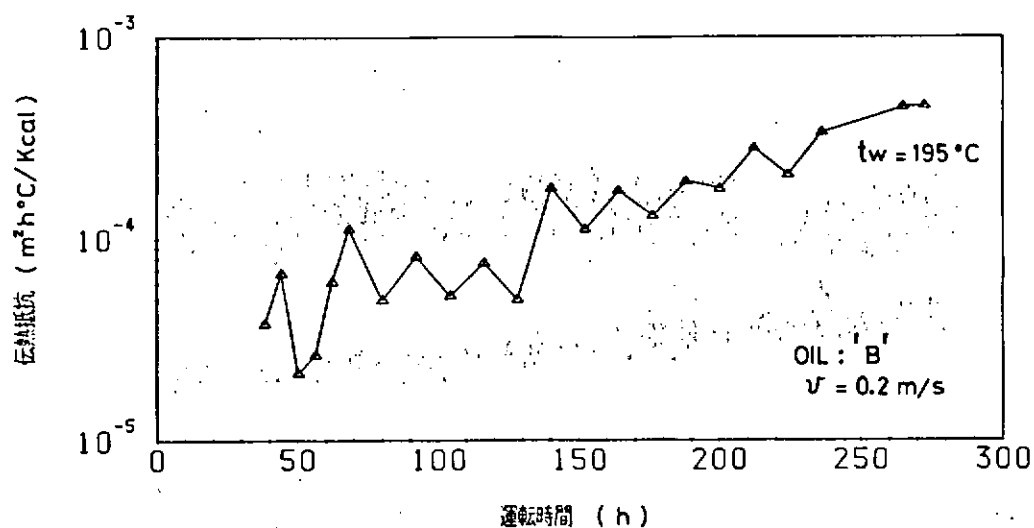


図 2.6.10 伝熱抵抗の経時変化

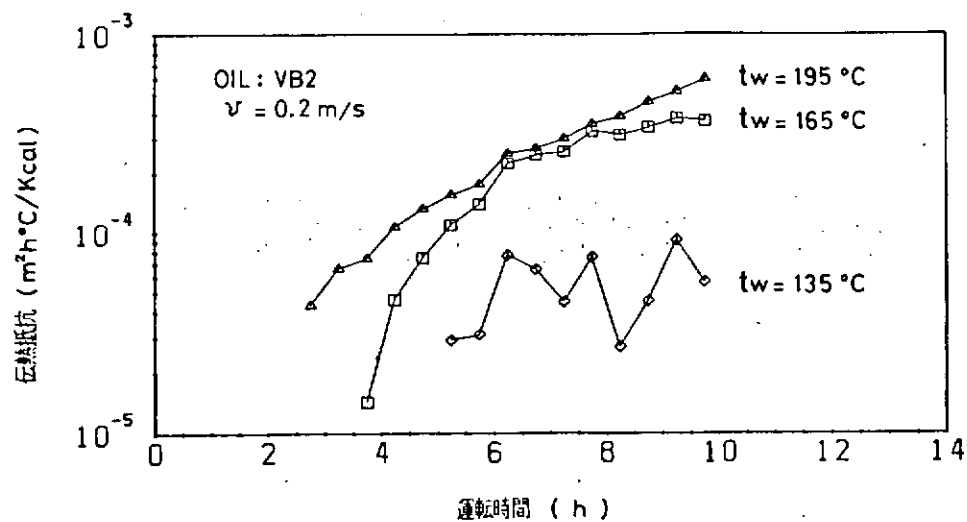


図 2.6.11 伝熱抵抗の経時変化

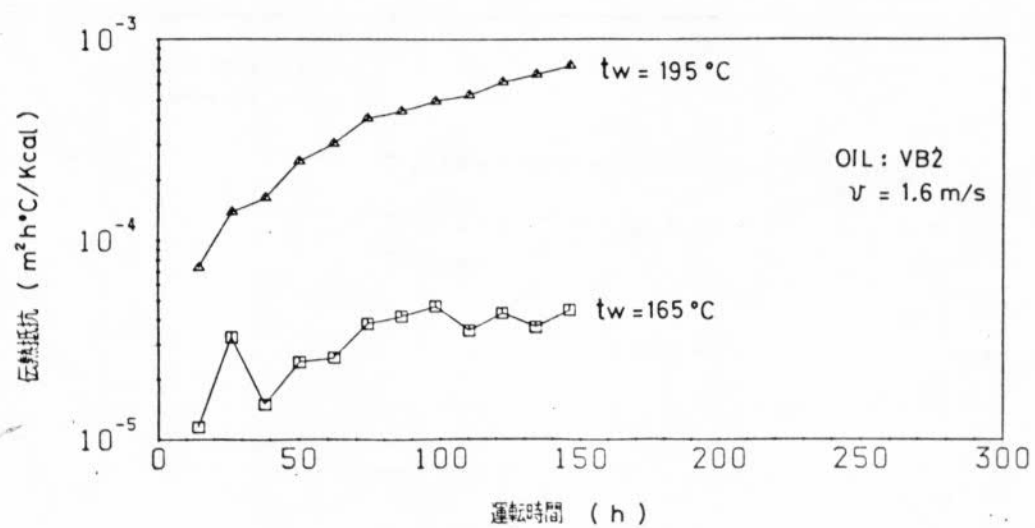


図 2.6.12 伝熱抵抗の経時変化

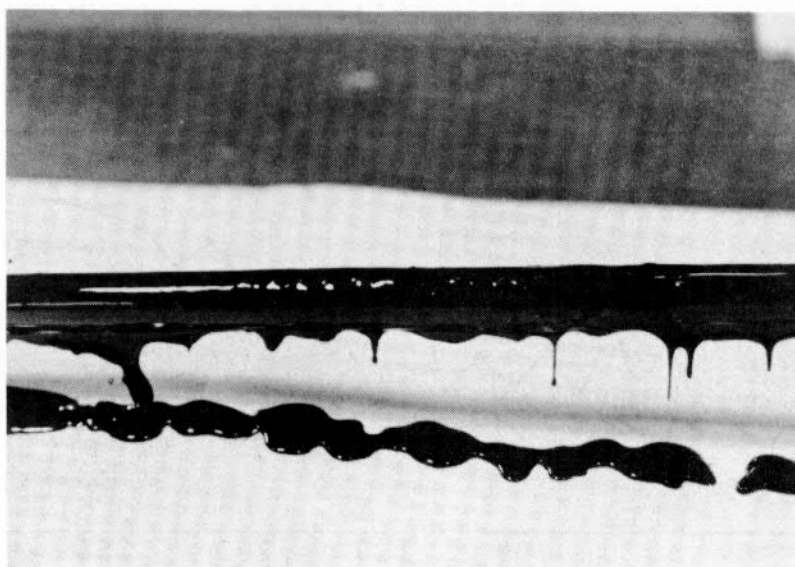


写真 2.6.1 スラッジの析出状態
("B", 0.2 m/s)

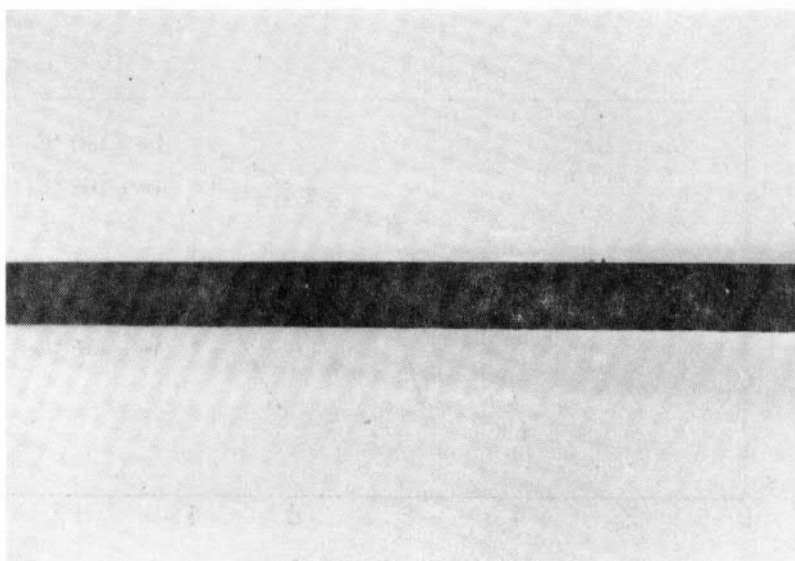


写真 2.6.2 スラッジの析出状態
(VB2, 0.2 m/s)

よりも熱安定性の悪さがスラッジ析出に影響が大きいことを示している。

表 2.6.2 分 析 結 果

Item				Oil	B		VB2	
				Velocity	2.0 m/s	0.2 m/s	0.2 m/s	1.6 m/s
開始時	Oil	Hexane insolubles (wt%)		12.81	16.36	14.01		
		Asphaltenes (wt%)		7.98	11.7	10.8		
		Elementary analysis	C/H (—)	9.5	9.3	8.04		
			N (wt%)	0.5	0.6	0.6		
終了時	Oil	Hexane insolubles (—)		16.36	17.83		18.2	
		Asphaltenes (wt%)		11.7	11.5		13.2	
		Elementary analysis	C/H (—)	9.31	9.21		8.00	
			N (wt%)	0.6	0.6		0.8	
	Sludge		C/H (—)		10.74		11.49	
			N (wt%)		0.7		1.5	
Running time (h)				270	285	10	145	
Oil temperature (°C)				100	80	90	100	

伝熱管表面のスラッジは、供試油に比較しC/H比が高く炭化が進行した物質であることがわかる。

4 考 察

供試油“B”及びVB2を使用してのアスファルテン等析出実験を行った結果以下のことが判明した。

スラッジ析出と流速及び温度の関係は流速の遅いほど、また、管表面温度は高いほど析出が起り易いという予想された結果が得られた。実験で使用した供試油の範囲では、流速約1.6 m/s以上、管表面温度165℃以下の条件で燃料油の加熱を行えば、スラッジの析出は押えられ、たとえ発生しても燃料油の汚れ係数として知られている値から、大巾には進行しない。

使用した供試油においては燃料油中のn-ヘキサン不溶解分あるいは、アスファルテンの含有量とスラッジ析出の関係はないと考えられ熱安定性が問題となる。

以上の結果から、分解残渣油を主成分とした重質油の加熱装置を考えるとときに伝熱面へのスラッジ析出防止対策として考慮すべき事項は、

- (1) 伝熱管表面温度が190℃を越えて燃料油を加熱するような装置では、燃料油を管内側に流し伝熱面での燃料油の凝みが生じない構造を採用する。
 - (2) タンクヒーティング等燃料油が管外側となる加熱装置では伝熱表面温度を出来るだけ低温度とすることが望ましい。
- である。

第7章 スチームトレーシング

1. まえがき

船用の燃料配管システムには、船内蒸気を使用するスチームトレーシングが行われているのが通常である。

スチームトレーシングの設計施行法に関して種々の文献^{17), 18), 19)}が報告されているが、伝熱メカニズムの詳細についてはよくわかっていないのが実状であると考えられる。

本研究は、従来設計施行における伝熱メカニズムを解明することを目的として実施した。

2. 実験装置及び実験方法

図 2.7.1 にスチームトレーシング実験装置を示す。本実験装置は主管 (SGP 150 A, 600 ℓ) にトレース管を模した市販のカートリッジヒーター (φ16, 加熱有効長 600 ℓ) を 2 本設置した構成となっており、ヒーターへの供給電力はそれぞれ独立した直流電源制御装置により、自動制御される。

トレース管の主管への取付け位置は、当社従来設計法に従い、鉛直下方より左右へ 45° の振り分けとした。

使用した保温材及び保温施行法も当社従来設計法通りである。

図 2.7.2 に温度計取付け位置を示す。主管内部には、供試油温度計測用として 25 本の銅-コンスタンタン熱電対 (φ 1.0) が配置されており、主管中央付近のベークライト製支持板 (φ155, 5 t) により支持され、温度計測位置がずれないように工夫されている。支持板をベークライト製としたのは、熱伝導による供試油温度分布への影響を考慮したからである。

主管外壁には、主管外表面温度計測用として 6 本の銅-コンスタンタン熱電対 (φ 1.0) が、深さ 1 mm の溝に埋め込まれ銀ロー付されている。

ヒーター表面にはトレース管表面温度計測用として、それぞれ 2 本の銅-コンスタンタン熱電対 (φ 1.0) 及びトレース管表面温度制御用として、それぞれ 1 本のアルメル-クロメル熱電対 (φ 1.0) が、ハンダ付されている。

トレース管への供給電力は、電力変換器により、直流電圧に変換され、デジタルマルチメーターにより計測される。

本実験に使用された供試油は「B」である。

装置内に移送された供試油は 2 昼夜以上放置され、系全体の温度が常温 ± 0.5 °C 以内であることを確認した後、実験を開始した。

スチームトレーシングに使用される船内蒸気は、7 ata の飽和蒸気であり、トレース管表面温度は 7 ata の飽和温度である 165 °C に設定される。

トレース管への供給電力は、始め手で制御され、トレース管表面温度が設定値に静定してから、自動制御に切換えられた。

電力供給を開始してから、トレース管表面温度が、165 °C に静定するまでに要した時間は、約 25 分であった。

3. 実験結果

図 2.7.3 にトレース管 2 本の場合の管内供試油の温度分布の変化の様子を時間経過と共に示す。

図 2.7.4 にトレース管 2 本の場合の実験結果を、図 2.7.5 にトレース管 1 本の場合の実験結果をそれぞれ示す。図中の実線はシミュレーションによる数値計算結果である。

図 2.7.6 に数値計算における主管の要素分割の詳細を、図 2.7.7 に数値計算モデル詳細を示す。図中に使用した記号は以下の通りである。

j : 管壁の要素番号 (—)

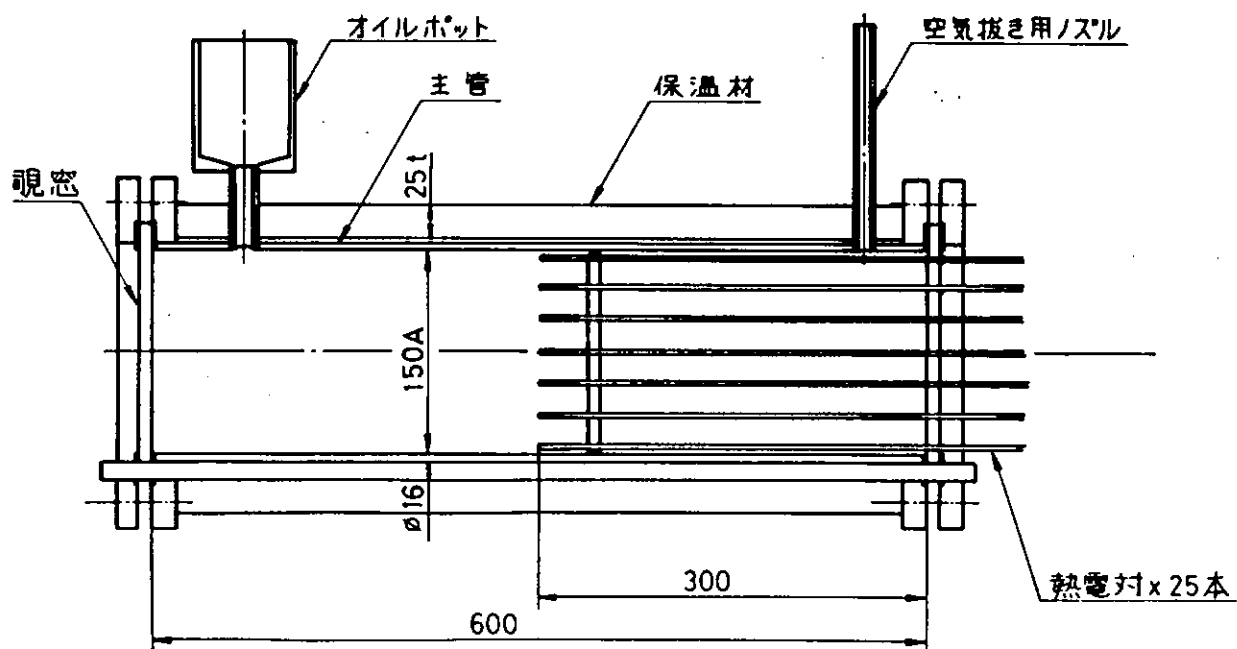


図 2.7.1 スチームトレーシング実験装置

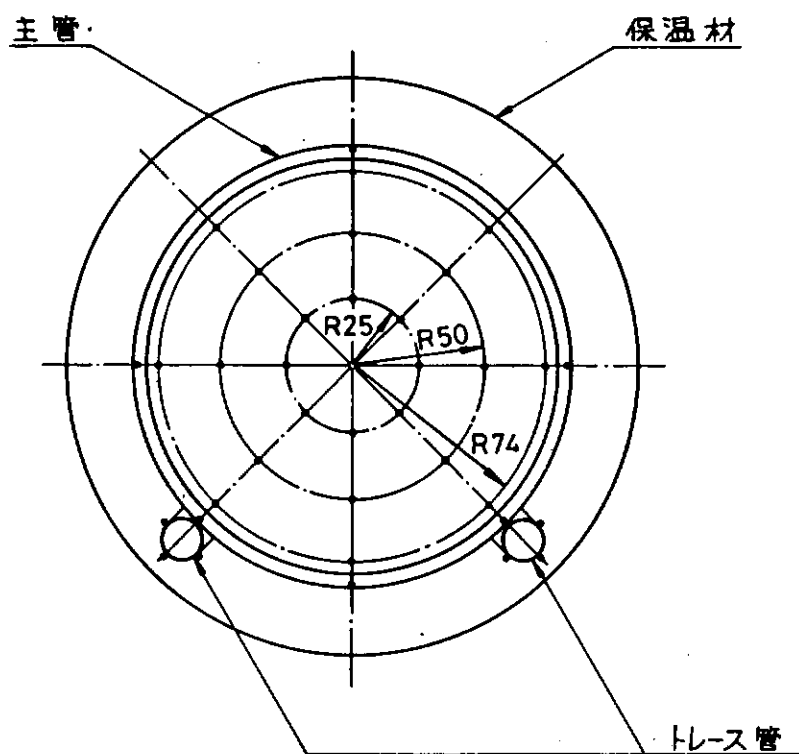


図 2.7.2 温度計取付け位置

T_H : トレース管表面温度(°C)

T_b : 供試油の平均温度(°C)

T_{pj} : 管壁要素(j)の代表温度(°C)

T_a : 外気温度(°C)

Q_{pj} : 管壁要素(j-1)から要素(j)へ熱伝導により伝えられる熱量(kcal/h)

Q_{bj} : 管壁要素(j)から供試油へ対流により伝えられる熱量(kcal/h)

Q_{Lj} : 管壁要素(j)から外側大気へ逃げる熱量およびヒーターからの受熱量(j = 3, 15)(kcal/h)

Cap_j : 管壁要素(j)の熱容量(kcal/°C)

Cab : 管内供試油の熱容量(kcal/°C)

R_o : 主管外半径(m)

R_{io} : 保温材外半径(m)

d : 管壁要素の厚さ(m)

$\Delta \ell$: 管壁要素の周方向の長さ(m)

シミュレーションによる数値計算は以下の諸式によった。

(a) 管壁の熱収支

$$Cap_j \frac{dT_{pj}}{dt} = Q_{pj} - Q_{pj+1} - Q_{pj} - Q_{Lj}$$

$$Q_{pj} = \frac{\lambda_p}{\Delta \ell} d (T_{pj-1} - T_{pj})$$

$$Q_{pj+1} = \frac{\lambda_p}{\Delta \ell} d (T_{pj} - T_{pj+1})$$

$$Q_{bj} = H_b \cdot \Delta \ell (T_{pj} - T_b)$$

$$Q_{Lj} = U_L \cdot \Delta \ell (T_{pj} - T_a) \quad (j = 1 \sim 2, 4 \sim 14, 16)$$

$$Q_{Lj} = U_H \cdot (T_{pj} - T_H) \quad (j = 3, 5)$$

(b) 管内供試油での熱収支

$$Cab \frac{dT_b}{dt} = \sum_{j=1}^{16} Q_{bj}$$

管内供試油への熱伝達率および管壁から大気への放熱熱通過率の算出には、以下の諸式を使用した。

(c) 管内熱伝達率

$$Nu\ell = \frac{H_b \cdot \ell}{\lambda_b} = 0.497 (Gr\ell \cdot Pr)^{1/4}$$

$$Gr\ell = \frac{g\beta\ell^3(T_{pj} - T_b)}{\nu^2}$$

(d) 大気への放熱熱通過率

$$\frac{1}{U_L} = \frac{R_o}{\lambda_i} \ln\left(\frac{R_{io}}{R_o}\right) + \frac{R_o}{R_{io}} \cdot \frac{1}{Ha}$$

ここに、 λ_p : 管壁の熱伝導率(kcal/mh°C), H_b : 管内熱伝達率(kcal/m²h°C), U_L : 大気への放熱熱通過率(kcal/m²h°C), U_H : トレース管から管壁への伝熱係数(kcal/mh°C), ℓ : 主管最下部から円周に沿って測った距離(m), $Nu\ell$: ヌセルト数(-), λ_b : 供試油の熱伝導率(kcal/mh°C), $Gr\ell$: グラスホフ数(-), Pr : プラントル数(-), β : 供試油の膨張率(1/°C), ν : 供試油の動粘度(m²/s), λ_i : 保温材の熱伝導率(kcal

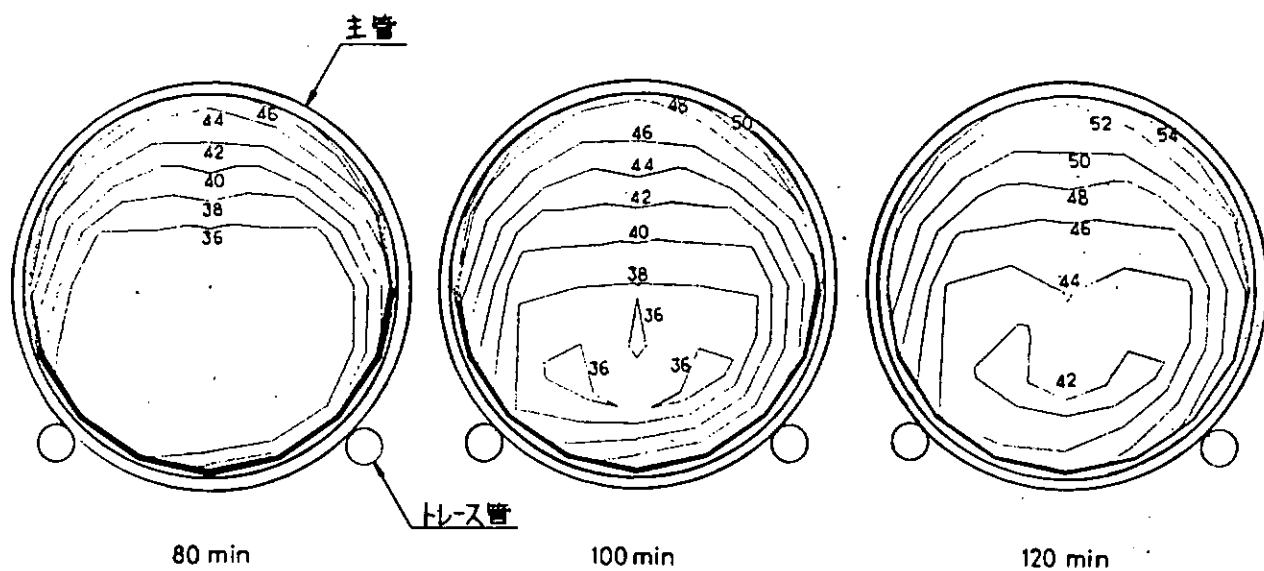


図 2.7.3 温度分布の経時変化

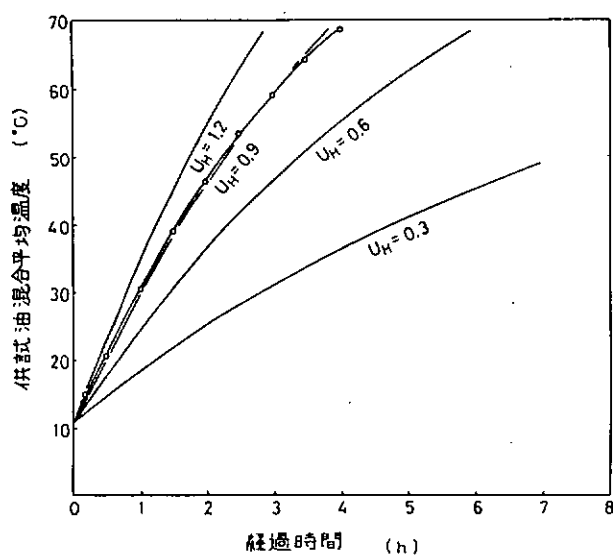


図 2.7.4 供試油温度の時間的変化
(トレス管 2 本)

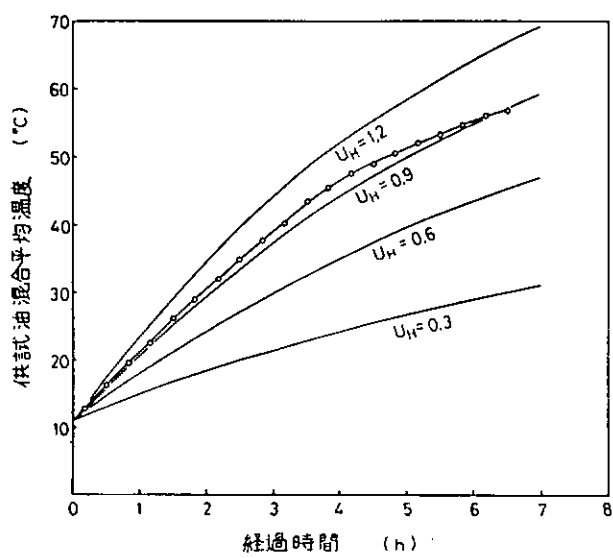


図 2.7.5 供試油温度の時間的変化
(トレス管 1 本)

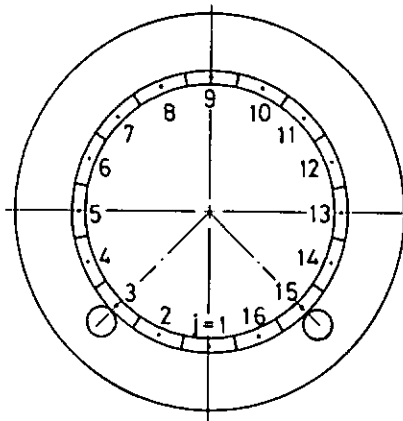


図 2.7.6 主管の要素分割詳細

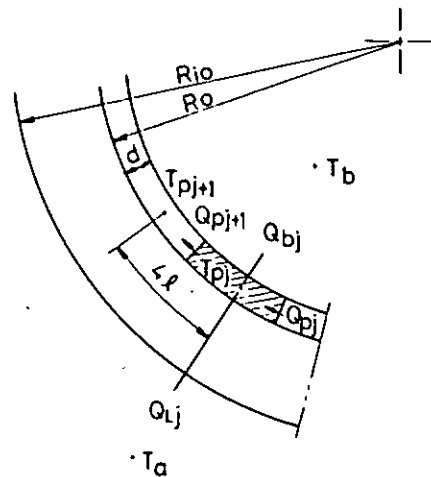


図 2.7.7 数値計算モデル詳細

／ $\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$), H_a : 大気への対流熱伝達率 ($\text{kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)である。

但し、本数値計算では $H_a = 5.0 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ とした。

4. 考 察

図 2.7.3 より主管内の伝熱メカニズムは、自由対流伝達が支配的であることが推定できる。

図 2.7.4 及び図 2.7.5 より周囲温度まで低下した供試油を 55°C まで加熱昇温するのに要する時間はトレース管 2 本を使用した場合は約 160 分であり、トレース管 1 本を使用した場合は約 390 分であることが知られる。

図 2.7.4 及び図 2.7.5 には数値計算結果も合わせて示されているが、 $U_H = 0.9$ とおいた結果が実験結果とよく一致している。図中 $U_H = 0.6$ 及び $U_H = 0.3$ は $U_H = 0.9$ に対してトレース管と主管との間の伝熱抵抗がそれぞれ 1.5 倍及び 2 倍になった場合と考えられ、トレース管と主管との間隔が 2 倍になれば、伝熱性能は約 $1/2$ に低下することが知られる。

本実験結果及び数値計算結果は管内供試油が管軸方向成分を持たない場合であり、通常のスチームトレーシングにおいて、管内燃料油は管軸方向に流れている。この場合は強制対流熱伝達の効果が相乗されるのでより安全側になる筈である。

以上、スチームトレーシングに関する模型実験を総括すると以下ようになる。

- (1) スチームトレーシングが緊急停止し燃料配管系全体が常温まで低下した場合に、管内燃料油を所定の温度に昇温するのに要する時間は、トレース管 2 本使用時ではトレース管 1 本使用時の $1/2$ 以下である。
- (2) 数値計算モデルにおいて $U_H = 0.9$ とおけば計算結果と実験結果はよく一致する。
- (3) トレース管と主管との間隔が 2 倍になれば、伝熱性能は約 $1/2$ に低下することにより、トレース管の施行には十分な注意を払う必要がある。

参 考 文 献 (第 2 編)

- 1) SR185 昭和55年度報告 第2編第1章 1 , P 34
- 2) " 昭和56 " " " 5. 3 , P 76
- 3) " 昭和55 " " 第2章 3. 1 , P 48
- 4) " " " " " 3. 2 , P 48
- 5) " 昭和56 " " 第1章 5. 2 , P 76
- 6) " 昭和55 " " 第2章 4. 4 , P 54
- 7) " 昭和56 " " 付 録 2 , P 110
- 8) 三井造船技報 114 (1982) , P 60
- 9) SR185 昭和55年度報告 第2編第1章 4. 5 , P 36
- 10) " " " " " 4. 6 , P 36
- 11) " 昭和56 " " " 5. 1 , P 76
- 12) " 昭和55年度報告書
- 13) " 昭和56年度報告書
- 14) 赤木, 機械学会論文集, 30—213 (昭39—5)
- 15) Sieder, E. and Tate, G., Ind. Eng. Chem., 28, (1936)
- 16) Hausen, H., VDI—Z Beich, Verfahrenstech, 4, (1943)
- 17) 輪島, 配管技術 10, ' 65
- 18) 安藤, " 10, ' 69
- 19) 清野, " 1, ' 66

第8章 バンカー重油の安定性試験

1. まえがき

最近、海外のバンカー重油が重質化あるいは従来多く使用されなかった重油基材の使用が増加するなど、それらに起因するとみられる大形外航船機関部の障害が増加している。この問題に関連して、石油連盟はバンカー重油の混合安定性・親和性に関し、文献調査と適正試験方法の選定にかかわる研究を(社)石油学会に委託した。このため石油学会においては、現在、提案されているか、あるいは一般に用いられている重油の安定性評価法が、どの程度の精度で使用できるか、また、どのような問題点を有しているかについて検討を行なった。

2. 試験法の選択

今回の照合試験は検討期間の制約があり、また参加機関の性質上、長期の検討はできないため、新しい試験法の開発・既存の試験法の改良・実船における障害との相関をとることは割愛した。したがって、照合試験は既存の試験法をそのまま用いて実施することとした。重油安定性に関する試験法の文献調査と石油各社における試験実施状況と試験装置の保有状況を燃料油分科会文献小委員会及びアンケート小委員会で調査し、その結果を参考にして照合試験法を選定した。

文献調査小委員会の調査結果によれば、重油安定性に関連する試験法は、次の7種に分類できる。

1) アスファルテン分・不溶解分試験法

IP 143/78, UOP 614-20, ASTM D 473-81, AMS 120・06

2) ドライスラッジ分試験法(ろ過法)

SMS 742-76, AMS 120・07

3) ドライスラッジ分試験法(遠心分離法)

MM 1006-80 (Mobil)

4) 混合安定性試験法

ASTM D 2781-72, SMS 305-75, MM 1292-80

5) 貯蔵安定性試験法

UOP 174-52, SMS 742-76

6) 熱安定性試験法

ASTM D 1661-64, FEDERAL 791-3461・1

7) その他

顕微鏡法

文献調査小委員会では今回の照合試験目的に適している試験法として、上記の2), 3), 4), 6)の試験法のうち、SMS 742-76, MM 1006-80, ASTM D 2781-72, SMS 305-75, MM 1292-80, ASTM D 1661-64の6試験法を推薦した。なお、ここではアスファルテン分等の試験法はすでに石油学会で照合試験を実施しているため、今回の照合試験から除いた。

また、加熱加速試験を行うUOP 174-52及びSMS 742-76のうち貯蔵安定性試験法は、前処理操作がはん雑であり、船上での簡便試験法としては、必ずしも適さない点があるため、今回は除いた。

アンケート小委員会では石油会社の重油安定性にかかわる試験法の実施状況と試験器の保有台数、試験法の問題点を考慮し、ASTM D 2781-72, SMS 305-75, ドライスラッジ分試験法としてのSMS 742-76, MM1006-80の各試験法が今回の照合試験に適しているという結論を出した。

以上の両小委員会の調査結果をふまえ、最終的に専門委員会としては下記の6法を採用し、照合試験を行うことに

した。

- (1) ASTM D1661-64 Thermal Stability of Navy Special Fuel Oil.

(以後、ASTM D1661 熱安定性試験と呼ぶ)

- (2) ASTM D2781-72 Compatibility of Fuel Oil Blends by Spot Test.

(以後、ASTM D2781 スポットテスト試験と呼ぶ)

- (3) SMS 305-75 Determination of Flocculation Ratio of Bitumen and Fuel Oil.

(以後、SMS 305 キシレン当量と呼ぶ)

- (4) SMS 742-76 Existent and Potential Dry Sludge Content of Residual Fuel Oils.

(以後、SMS 742 ドライスラッジ試験と呼ぶ)

- (5) MM 1006-80 Existent Sediment in Residual Fuel Oil.

(以後、MM 1006 残渣油中のスラッジ試験と呼ぶ)

- (6) MM 1292-80 Compatibility Sediment in Blended Marine Fuel Oil.

(以後、MM 1292 船用燃料の混和安定性試験と呼ぶ)

これらの試験法は、(1)が熱安定性試験、(2)(3)(6)は混合安定性試験法、(4)(5)がドライスラッジの試験法であり、今回の照合試験の目的である熱安定性、混合安定性評価が一応網羅されている。

このうち(5)、(6)試験法は実施できる参加機関が6箇所、照合試験対象機関数としては不十分であるが、試験法が簡便であるため、参考データとして実施することとした。

混合安定性にかかわる試験法(2)(3)は比較的簡便であり、各々の用途目的が異なるため、2方法とも照合試験対象とすることにした。即ち、(2)の方法は重油そのものの安定性評価とともに軽油を重油の粘度調整に用いたときの重油の安定性、あるいは最近行われているA重油/C重油の船内混合時の安定性評価に関連するのに対して、(3)の方法は重油中のアスファルテンを含むコロイド系の安定性、分散媒の状態の評価を目的としている。

なお、今回選定した試験法のうち、SMS 305-75、SMS 742-76はシェル石油㈱、MM 1006-80、MM 1292-80はモービル石油㈱のそれぞれ社内試験法であるが、両社の了承を得て照合試験として採用することとした。

3. 照合試験用試料と試験法

照合試験用の試料はビスブレーカータールと直留残渣油を混合した試料(1)(2)を用いた。その一般性状を表2.8.1に示す。ただし、SMS 742 ドライスラッジ試験とASTM D 2781 スポットテスト試験については、ビスブレーカータールの配合量との相関を検討するため、別に6種の試料を用いた。

予備実験によって、ビスブレーカータールと常圧残渣油を混合した試料が、ASTM D 1661 熱安定性試験でBorder Lineとなり、かつ、その粘度がバンカー重油のIMF-280に近いものとなる混合比の試料を供試することとした。

試料の調合については、調合後の経過日数、保存条件等の差違によるスラッジ成分等の沈降状態の相違が予測されるため、特にSMS 742 ドライスラッジ試験でのこれに基づく試験結果のばらつきを防ぐ意味で、各測定所で調合し、一定期間経過後試験することにした。

ASTM D 1661 熱安定性試験に用いる試料は比較的多量の試料を要し、試験所要時間も長いため、試料(1)だけを試験した。

4. 照合試験結果

4.1 ASTM D 1661 熱安定性試験結果

試験結果のうち、ある一つのテストピースの評価のみが Unstable になっているが、これを除く全体の試験結果は

1回の試験のUnwashed ; Washed, Unwiped ; Washed, Wipedの3段階すべてがBorderlineかStableの評価を示し、ブラインドで行った最初の試験としては繰り返し性、再現性とも比較的良好一致が得られた。

また、このUnwashedについては送られた写真から判断する限りではStable又はBorderlineの評価であると推定される。

他のものについては、試験結果と写真からの判断は一致した。このような判定上の問題は試験法の比較図や評価の記述を充実することにより、改善されるものと思われる。この試験法は精度規定がないため、参考として評価をStable ; 1, Borderline ; 2, Unstable ; 3とにおいて、1回のテストピースの3個の評価の和から精度を求めた。この結果から判断すると、繰り返し性、再現性ともほぼ良好である。この試験ではテストピースの見方が、かなり定性的な表現で規定してあるため、試験経験を重ねることにより精度向上がはかれるものと考えられる。

各測定により連結管外径が異なっているが、試験中の温度分布は良く保たれていた。なお、本試験は試験操作に長時間を要する欠点があり、簡易試験法としては適さない面がある。

4.2 ASTM D 2781 スポットテスト試験結果

ASTM D 2781のスポットテストは操作は簡単であるが、スポットの評価については、かなり試験所間のばらつきがみられる。標準スポットの複写図を参加機関に配布する等、事前の評点方法の統一標準化を行ったが、実際のスポットは必ずしも、標準スポットと同じでなく、試験法の評価記述も不十分であるため、ばらつきが大きかったと思われる。

そこで、各参加機関から送られたスポットを幹事間で再評価した。

各参加機関間のばらつきは判定基準の不一致によるものであって、スポットそのものはほぼ同じ外観を示しており、スポットの形状の差はほとんどなかった。

4.3 SMS 305 キシレン当量試験結果

キシレン当量の試験結果で試料(1)は平均51、試料(2)は平均57の値を示しており、多少のばらつきはあるが、ブラインドテストの結果としてはかなり良い結果が得られた。

精度計算の結果は繰り返し精度は試験法規定の2%以内に入っている。再現性精度は試験法には規定されていないが、試料(1)、(2)の再現性精度も比較的良好である。

4.4 SMS 742 ドライスラッジ試験結果

この試験結果はばらつきが大きいですが、繰り返し性はSMS 742の精度に近い値となっている。

試験値が一部の参加機関で大きくばらつきを示した原因について検討した結果、比較的大きな原因としては下記の項目が列举された。

- (1) 最後にペーパーフィルターの重量を測定するとき、ペーパーの吸湿による重量増が大きく、乾燥から秤量までの完全密封と、最初にペーパーを秤量する場合の乾燥処理が十分でなかった。
- (2) ペーパーフィルターでろ過後、金属内壁に付着した油が溶剤で洗浄するとき、内壁からはく離してろ紙の周囲に円く付着し、不溶解性成分が付着し、重量増を示した。
- (3) 装置寸法が異なり、ろ紙の大きさは指定されているため、ケースとフィルターの当り面の面積が異なり、すきまもれが起った(現在内径 47.7 mm, 45 mm及び 42 mmのものが市販されている)。

したがって、上記の問題点を改良することで本試験法の精度を向上させることができると思われる。

なお、試料油の調製において、ビスブレーカータールの配合比を増すとドライスラッジ量は増加する。このことはスポットテストの結果とも傾向的に一致する。

4.5 MM1006 残渣油中のスラッジ試験及びMM1292 船用燃料の混和安定性試験結果

試験参加数が少ないため、再現性、精度等について詳細な検討がなされていないが、結果にはややばらつきがみられた。

5. ま と め

今回の照合試験結果をまとめると、

- (1) ASTM D 1661 熱安定性試験結果は、ブラインドで行った最初の試験としては比較的良好な一致が得られた。
一部にみられた判定上の問題については、試験法の比較図や評価の記述を充実させることにより改善されるものと思われる。
- (2) ASTM D 2781 スポットテスト試験結果については、一部にばらつきがみられたが、これは試験操作によるものではなく、スポットの判定基準に起因するものであると考えられる。
したがって、標準スポット図、スポット評価基準の記述をより充実させることによって、この問題点は改良されるものと思われる。
- (3) SMS 305 キシレン当量試験結果は繰り返し性、再現性ともにほぼ良好であった。
- (4) SMS 742 ドライスラッジ試験結果については、試験参加機関の一部に比較的大きなばらつきがみられたものもあったが、大半の参加機関の試験結果にはほぼ良好な一致がみられた。
ばらつきがみられた原因について検討した結果、ペーパーフィルター秤量操作の統一、ろ過後の溶剤による洗浄操作、装置寸法の統一等についての工夫をすることにより、より精度を向上させることができると考えられる。
- (5) MM 1006 残渣油中のスラッジ試験及びMM 1292 船用燃料の混和安定性試験結果は参加機関数が少ないため、明確な傾向は述べられないが、全体的にみて、ややばらつきがみられた。

表 2.8.1 測定に用いた試料油の一般性状

試 料		試 料 (1)	試 料 (2)
項 目			
比 重	(15/4℃)	0.9584	0.9637
流 動 点	(℃)	+ 12.5	+ 12.5
動 粘 度	(cSt @50℃)	260.0	268.6
残 留 炭 素	(wt %)	10.6	11.6
硫 黄 分	(wt %)	2.63	2.73
灰 分	(wt %)	0.04	0.04
水 分	(vol %)	0.05	0.05

第3編 超粗悪燃料油に対する船内燃料関連機器及び ディーゼル機関の要求仕様並びに総合対策

第1章 船内設備計画・設計の指針

将来の船用重油の性状は予測し難いが、それぞれの性状の上限が規格化の動きの中で目途がついてきている事は、これまでに述べてきた通りであり、本第185研究部会は、所謂6,000秒燃料油としてISOで討議中のRM-55 Hを対象燃料油に選定し、その使用対策について検討を進めてきた。第3編では、現時点で、技術的・経済的に妥当な燃料油システムを構成する事を念頭に置いた具体的な将来燃料油対策を第2章に示すが、その際の計画・設計上の指針を以下に述べる。

1. 高粘度対策

粘度は加熱すれば低下する事が解っているので適当なヒーターを装備し、スチームトレースやタンク内加熱コイルを設けることは従来通りである。ただし、急激な加熱を避けるため、加熱蒸気の圧力の選定や、加熱コイルの配列に留意する必要がある。又、ディーゼル主機関入口で最適噴霧粘度を得るために、約150℃までの加熱が要求されることから高温化対策が必要である。

2. 高密度対策

計画時の密度の上限は $0.991\text{ kg}/\ell$ と考えて良い。即ち、遠心式油清浄機は将来とも有効で、燃料油中の水分、固形分を除去する有力な手段として燃料油前処理システムの中核と考えて良い。逆に、セッティングタンク、サービスタンクでの重力による澄まし効果を従来通り得るためには澄まし時間を長くとり工夫が必要となる。

3. 低引火点対策

貯蔵中の危険を回避する為、燃料油の引火点より10℃低い温度で貯蔵する様計画するものとする。この場合、燃料油サービスタンクの温度制御に工夫が必要である。計画貯蔵温度は50℃以下と考える。

4. 高流動点対策

ワックススラッジの生成を防止するためには固めたり、溶かしたりする熱履歴の繰返しを避ける必要がある。従ってスチームトレースを確実に行なうと共に、配管中に油の滞留する部分を無くす注意が必要で、どうしても滞留部分が生じてしまう場合はドレンアウトのできるような工夫が望まれる。

5. 高スラッジ濃度対策

ISO-RM 55 Hの規格の中には、スラッジ分の濃度については規定が無く言い換えれば歯止めもない。しかも一口にスラッジと呼んでも既に第一章でも説明した如く沈殿物の種類も一様でなく、その発生機構も単純ではない。しかし現在報告されているトラブルの中で、スラッジ異常発生に関わるものが、その約半数を占める事を考慮した場合スラッジ対策を避けて通る事はできない。燃料油の加熱・冷却に当たって急激な熱変化を与えない事、及び極力水分を分離してウェットスラッジを発生させない事等の間接的な手段と発生したスラッジを燃焼させて、そのエネルギーを回収する方法を組み合わせる事を計画した。又、システムのオプションとして、現在着々と研究・実績の積み重ねが進められつつあるデカンターとホモジナイザーについて紹介しておく。

6. FCC触媒対策

現在、最も深刻で避ける事のできないトラブルにFCC触媒粒子による異常摩耗がある。ISO—RM55 Hの規格でAl 30 ppmと規定しているが、これは一般的に触媒粒子としては200 ppmに相当すると考えられている。一方各主機メーカーの中に、主機にFCC触媒粒子を供給する事を容認する者は無く、主機への流入が避けられない場合でも粒径を2 μ とか5 μ に制限し、勿論、触媒の濃度も30 ppm以下という様な厳しい制限を要求している。

この事は、主機入口に至るまでの燃料前処理装置により触媒粒子を十分に除去しなければならない事を意味するものであるが、第2編の実験でも確認した如く実験室でさえ達成し得ない目標であって現存する機器では殆ど不可能に近い要求である。

唯一、極精密吸着式こし器で2～3 μ 以上のすべての粒子を除去する事ができると考えられており、この採用例をオプションのシステムに示すが、これも極精密こし器は常時バイパスしておき、分析器具でFCC触媒粒子が認められた場合にのみ使用するという非常時対策である事を述べておく。

7. その他

本編の燃料油諸システムには表現できないディーゼル主機関を含む燃料油関連機器自体の超粗悪燃料油対策の中に重要なものが多く含まれており、例えばディーゼル主機関のシリンダーライナーの腐食を防止する目的で、アルカリ価をコントロールした潤滑油がシリンダー内に供給されているが、掃気空气中に水分ミストが含まれると、その効果が薄れ、硫酸腐食を助長することが考えられることから高硫黄分対策として掃気温度制御又は多段式の高性能ミストセパレーターの装備などが検討されつつある。この様な対策は機器メーカーの調査・研究に負うところが大きい。

第 2 章 ISO-RM55H 使用を前提とした船内燃料油関連システム の構成計画と機器の要求仕様

1. 燃料油貯蔵及び移送システム

1.1 システム概要

燃料油貯蔵及び移送システム計画に当っては次の諸点に留意した。

まず、積込管内の凝固を防止するため積込管には傾斜をつけ滞留部を作らないようにした。燃料油貯蔵タンクは機関室サイドタンクとし、貯蔵タンク内の水分、固形分の分離を容易にし、粘度及び流動点が高い燃料油の加熱条件を緩和し、移送の容易化を計ることとした。

将来燃料油で懸念される貯蔵安定性劣化に対しては、抜本的対策はなく、スラッジ分散剤の投入等で対処することとし、スラッジ及び水泥分等の漸増に対しては貯蔵タンク底部よりビルジへ落とせるようにすると同時に、燃料油澄タンクよりブローされたものを燃料油オーバーフロータンクに集め、これをリカバリータンクに導くことにし、リカバリータンクにてスラッジ及び水泥分等の分離を図ることとした。

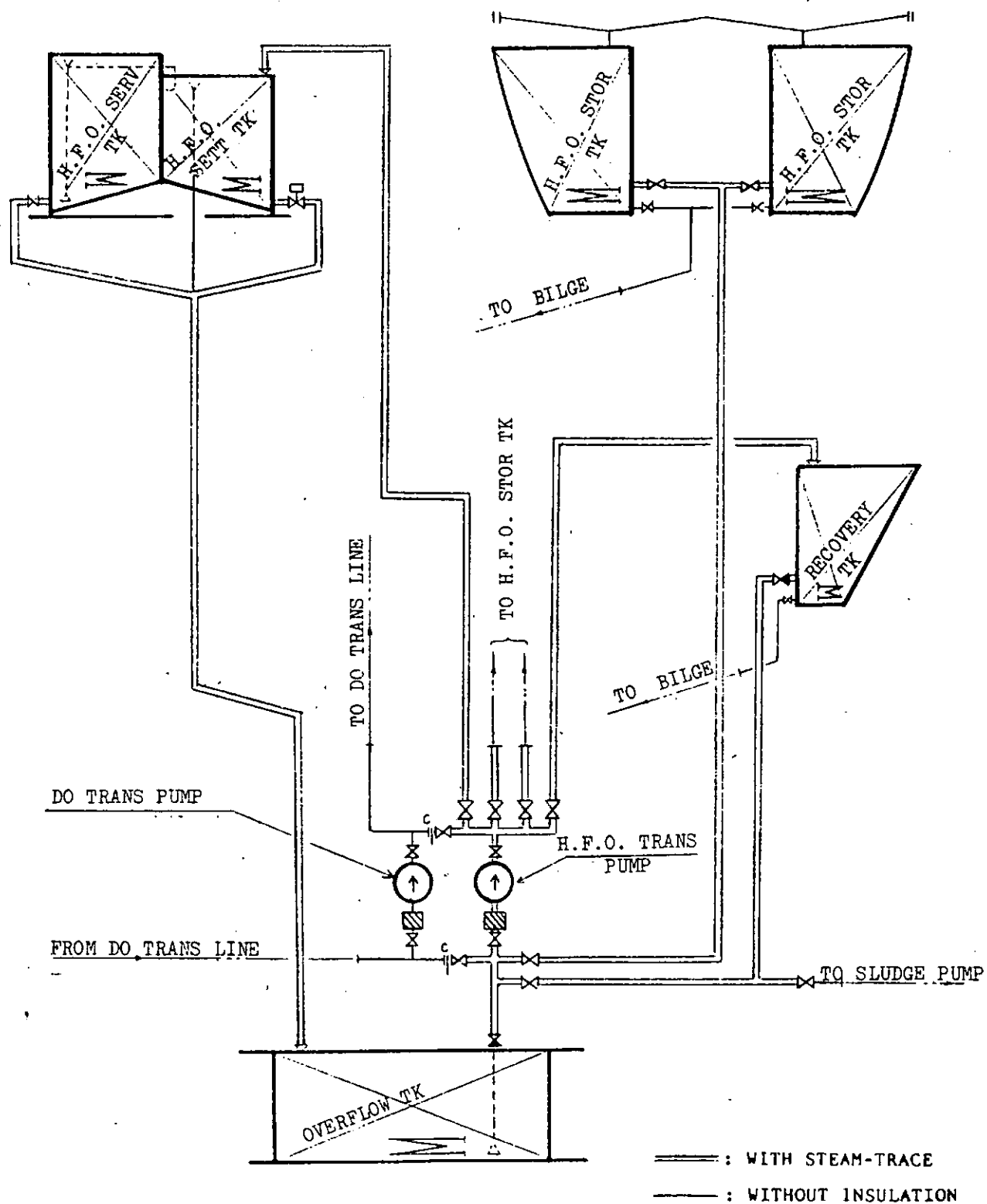
一方船体計画上、燃料油貯蔵タンクを機関室サイドタンクとできない場合は、貯蔵タンクに於けるドレン分離は諦めるが、移送条件を緩和するため、極力ダクトキール内配管としスチームトレース施工することとした。その他については上記と同様に対処することとした。

1.2 機器・装置の要求仕様

機器・装置名称	項 目	要 求 仕 様
燃 料 油 貯 蔵 タ ン ク	設 置 場 所	機関室サイドタンク 〔備考〕 機関室サイドタンクがとれない場合、二重底タンクとするが、この場合極力ダクトキールを設け、船体部配管はダクトキール内を通し、スチームトレース施工とする。
	加 熱 温 度	移送可能温度まで加熱。但し、保持温度については少くとも1タンクは移送可能温度(但し50℃以下)とし、他のタンクは流動点以上の温度(注)とする。 注) ワックス析出防止の為、流動点が氷点下の場合、流動点+25℃、流動点が30℃付近の場合40℃とする。
	ド レ ン 処 理	手動により、ビルジヘドレン排出
燃 料 油 移 送 ポ ン プ	台 数	1 台、但し D.O. 移送ポンプと相互スタンバイ。
	形 式	電動歯車形、スチームトレース 〔オプション〕 ネジ形、スネーク形、リサーキュレーションライン、2 連化、スチームジャケット付、外部軸受式
	容量保証粘度 動力保証粘度	26 cSt 1,000 cSt
燃 料 油 オ ー バ フ ロ ー タ ン ク	設 置 場 所	機関室二重底
	個 数	1 個
	容 量 加 熱 温 度	リカバリータンク以上の大きさ 移送可能温度まで加熱(50℃以下) 〔備考〕 貯蔵タンクが二重底タンクの場合には、オーバーフロータンクに代えてブローオフ油専用のタンクを二重底に設けることとし、その名称は燃料油ブローオフタンクとする。

機器・装置名称	項 目	要 求 仕 様
燃料油リカバリータンク	設 置 場 所 個 数 容 量 加 熱 温 度 ド レ ン 処 理	機関室サイドタンク 1 個 セッティングドレン量の 4 日分程度 加熱温度50℃ 手動によりビルジヘドレン排出。スラッジ移送管も接続。 〔備考〕 機関室サイドに設置することができない場合、機関室二重底タンクとするが、この場合、手動ポンプにより検水の上ドレン処理可能とする。
積 込 管		傾斜管とする。 〔備考〕 滞流部がある場合スチームトレース
FO移送ポンプ， 吸入管，こし器	型 式 メ ッ シ ュ	単式，スチームトレース 16 〔オプション〕 スチームジャケット

1.3 燃料油貯蔵移送システム



2. 燃料油前処理及びサービスシステム

2.1 清浄システムの概要

高粘度・高密度の燃料油を効率良く清浄するため、清浄機は並列運転・直列運転のいずれも可能な配管とした。

このため、燃料油供給ポンプは別置きとし、同時に清浄機用油加熱器も清浄機とは独立に配置し、2台交互使用により随時開放・清掃ができる様にした。

清浄機により主機燃料消費量に応じた燃料を処理するため、清浄機入口の流量を所要の流量に保持する必要がある。このため、燃料油供給ポンプ出口に設けられた圧力調整弁を作動させ、清浄機入口の圧力を一定に保つことで流量制御を行なう様にした。

2.2 サービスシステムの概要

燃料油の高粘度化に伴い150℃位迄の高温加熱が必要であり、この場合、従来方式の開放サイクルでは燃料油の水分、揮発分がフラッシュし、リターンチャンバーから空気抜管を通じて外部へ燃料油を噴出させたり、管内でVapor lockを起す恐れがある。

このため常に系内をある圧力レベル以上に保つ必要があり密閉加圧サイクルを採用した。

燃料油ブースタポンプは常に定量の燃料油を吐出するので主機の負荷の変動によりポンプ吐出圧が変化する。

この圧力変化を検出し燃料油ブースタポンプ出口に設けられた圧力調整弁(ポンプ出口より燃料油サービスタンクへのリサーキュレーション弁)を作動させポンプ吐出側の圧力を一定に保つことにより主機の燃料消費量分の燃料油を流量計及びバッファチャンバーを経て主機燃料循環系に送油する。

バッファチャンバーは従来システムのリターンチャンバーに相当し、主機よりの戻り油と上記により供給される燃料油とを合流混合させるが戻り油系の脈動や合流油の温度差による燃料油サーキュレーティングポンプへの悪影響をなくするため適当な容積を持たせる。

主機燃料戻り油管中には配管系の最上部に空気分離器を設ける。空気分離器には戻り油管中で圧力変動のため燃料油からガス化分離した水分や揮発分或は系内に混入した空気を自動排出するための自動排出弁を設ける。

排出ガスは外部へ噴出するのを避けるため燃料油サービスタンク下部へ導くこととした。又、自動排出弁の不調時対策として、手動バイパス弁を設けてある。

2.3 清浄・サービス一体化システム

従来は清浄機で処理された燃料油は燃料油サービスタンクに貯え、ここから主機へ供給されていたが、このシステムでは清浄機を連続運転し、処理された主機燃料消費量を幾分上廻る量の燃料油は直接燃料油ブースタポンプにより加圧され系内に送り込まれる。

燃料油サービスタンクは従来通り設けられるが、このタンクは定容量吐出型ポンプである燃料油ブースタポンプと清浄機処理量の差を吸収すると共に清浄機の不調時に燃料油を連続供給するためのバッファの役目を持たせている。

従来は燃料油サービスタンクはディリーサービスタンクとして清浄機により処理された燃料油を貯えた後、主機に供給する役目と共に、清浄機で分離出来なかった水分、スラッジ分をこのタンク内で静置沈殿させボトムブローにより排除するために使われていた。

ところが、燃料油の高粘度化、高密度化に伴い清浄機での処理温度を98℃に迄上げねばならなくなったが、処理油をこのままタンクに入れた場合揮発分がタンクの空気抜管を通して外部に放出される。これに伴って引火点の低い燃料では危険が予想され、ロイド船級協会では貯蔵温度を引火点マイナス10℃とする様規程しているため清浄機とサービスタンクの間にクーラを設けるなどの対策も必要となる。(ISO-RM 55Hの引火点は60℃以上とされている。)冷却した燃料油は主機供給前に再度噴射粘度相当温度迄加熱せねばならず、冷却することはエネルギーのロスであり、又、燃料油に繰返し温度変化を与えることは、スラッジ生成の一因ともなり好ましくない。

この様な理由により、本システムでは清浄機で処理した燃料油をサービスタンクを通さず直接主機に供給すること

とし、清浄機での処理量とブースターポンプの吸引量との差を吸収するためサービスタンク出口弁は常時開放しておく。又、清浄機を正常に運転しても、水分、スラッジ分を100%分離除去出来ない可能性はあるが、清浄機を出たままであればこれらは適当に混合されており、下流には二次こし器があること、少量の水分の混入は加圧密閉サイクルで突沸現象は防止されるし主機への影響も少いと判断した。

但し、海水が混入した場合は燃料中にナトリウムがバナジウムと反応しバナジウムアタックの原因となるので、充分除去する必要があるし、清浄機の運転が不調になった場合も考慮し、バッファータンパーに水位検知器を設け、水位が検知された場合は従来通り清浄機からサービスタンクへ送油することのできる配管を設けた。

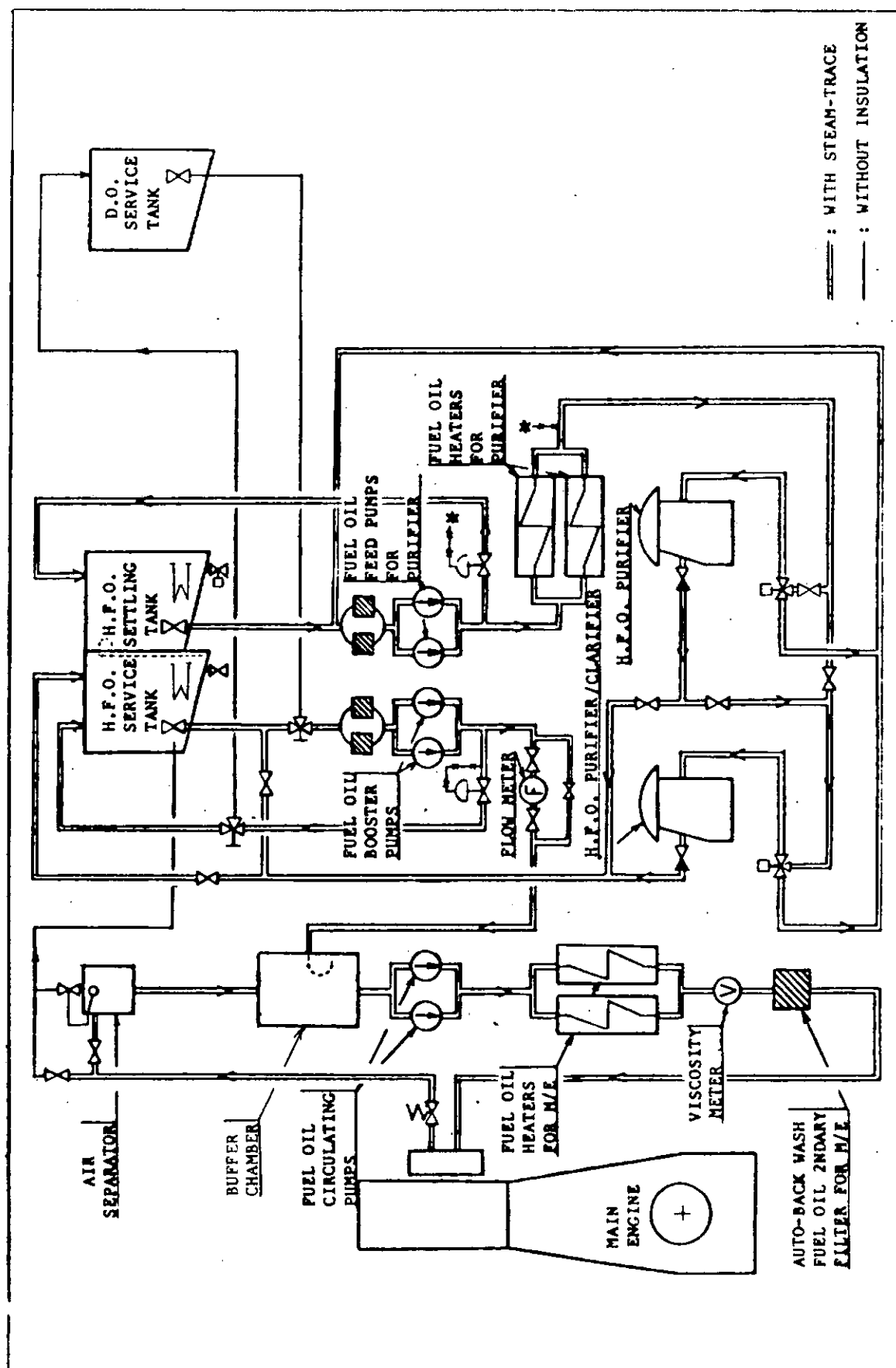
2.4 機器・装置の要求仕様

機器・装置名称	項目	要求仕様
1. 燃料油セトリングタンク	個数	1 個
	容量	主機M.C.R.の燃料消費量の8時間分以上とれること。 備考：機関室サイドディープタンクがとれない場合にはなるべく長時間分の容量を確保すること。
	油取り入れ方式	フロートスイッチにより移送ポンプを発停させ、自動油面制御を行なう。
	ドレン処理	自動ドレン弁を設け、タイマー作動により二重底、オーバーフロータンクへ排出する。
	底面	傾斜式とする。
	加熱管	底部に一系統加熱コイルを設け、加熱温度は50℃とする。 備考：局部加熱を避けるため、タンク形状・容量によってはマルチヘッダ方式を採用する。
2. 燃料油サービスタンク	個数	1 個
	容量	主機M.C.R.の燃料消費量の8時間分
	ドレン処理	手動ドレン弁にて適宜ドレン排出する。
	底面	傾斜式とする。
	加熱管	底部に一系統加熱コイルを設け、加熱温度は50℃とする。
3. 燃料油清浄機	台数	C重油用2台、うち1台は清澄機としても使用可能とする。又、A重油用は1台とする。
	容量	メーカーリコメンドの通油量とし、主機M.C.R.の燃料消費量を1台の清浄機で処理できるものとする。
	スラッジ排出	自動排出式全量型とする。

機器・装置名称	項 目	要 求 仕 様
4. 清浄機用燃料油供給ポンプ	台 数	2 台
	容 量	清浄機処理量に合わせる。
	燃 料 油 温 度	常用50℃，最高100℃，最低常温
	型 式	電動歯車又はねじ式
	基 準 粘 度	・ 26 cSt（容量保証基準） ・ 260 cSt（動力保証基準）
	オ プ シ ョ ン	・ スチームジャケット付き ・ 可変流量式
5. 清浄機用燃料油ヒーター	台 数	2 台
	容 量	清浄機処理量を45℃から100℃まで加熱できるものとする。
6. 燃料油ブースターポンプ	台 数	2 台
	容 量	主機M.C.R.の燃料消費量をまかなえること。
	型 式	電動容積ポンプとし，圧力調整弁により流量制御を行なう。
	基 準 粘 度	26 cSt（容量保証基準） 400 cSt（動力保証基準）
7. 燃料油流量計	台 数	1 台
	型 式	容 積
	燃 料 油 粘 度	最高55 cSt at 100℃
	燃 料 油 温 度	常用95℃，最高100℃，最低常温
	オ プ シ ョ ン	・ スチームジャケット付き ・ 非接触式
8. バッファーチャンバ	個 数	1 個
	容 量	A/C切替時に急激な温度変化を起こさない様な容量を確保する。
	型 式	水位検知器付き
	保 温	保温のみで加熱コイルは装備しない。
9. 燃料油循環ポンプ	台 数	2 台

機器・装置名称	項 目	要 求 仕 様
9. 燃料油循環ポンプ (つづき)	容 量	主機メーカーリコメンドの容量とする。
	燃 料 油 温 度	常用120℃，最高150℃，最低常温
	型 式	電動ねじ 備考：歯車式とする場合は吸入圧力対策を考慮すること。
	基 準 粘 度	・ 26 cSt (容量保証基準) ・ 260 cSt (動力保証基準)
	オ プ シ ョ ン	スチームジャケット付き
10. 主機用燃料油ヒーター	台 数	2 台
	燃 料 油 温 度	出口150℃，入口常用120℃，最低90℃
	型 式	蒸気加熱スパイラルフィン又はピンチューブ式
	汚 れ 係 数	0.85
	材 料	伝熱面材料として銅または銅系金属を用いないこと。
11. 主機入口燃料油2次こし器	台 数	1 台
	メ ッ シ ュ	25μ
	型 式	自動逆洗式
	燃 料 油 温 度	常用150℃，最高150℃，最低常温
	保 温	スチームジャケット付きとする。
12. 空気分離器	型 式	空気自動排出弁付きとする。
	保 温	保温のみで，加熱コイルは装備しない。
13. 粘度制御器	型 式	燃料油加熱器蒸気入口弁自動制御方式
	燃 料 油 粘 度	最高55 cSt at 100℃
	燃 料 油 温 度	常用150℃，最高150℃，最低常温
	粘度制御範囲	10～25 cSt

2.5 燃料油清浄及びサービssystem



3. スラッジ及びビルジ処理システム

3.1 構成及び特徴

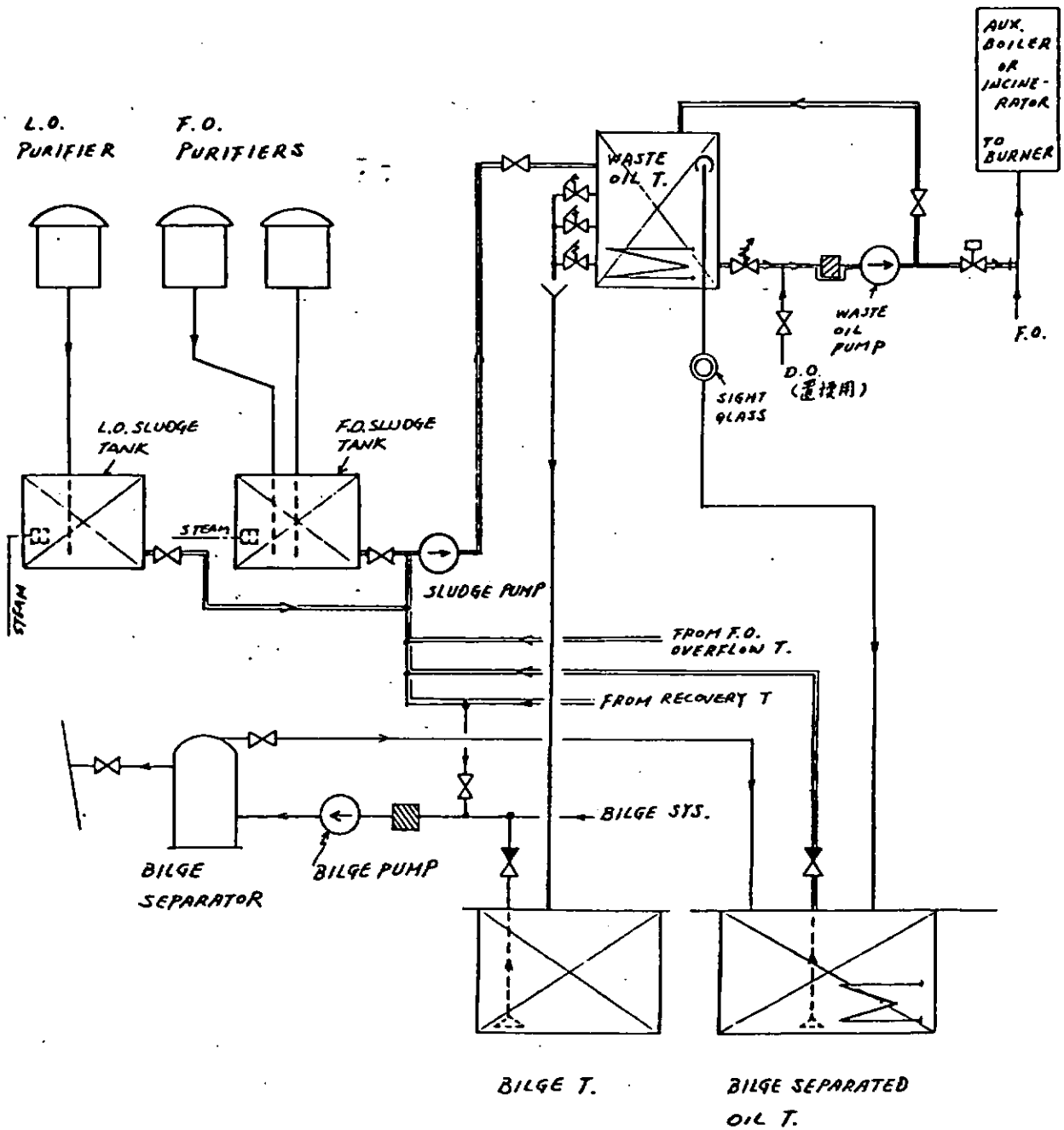
- ・ ビルジ処理は、ビルジセパレータにて行なうものとする。
- ・ スラッジ(ビルジ分離油を含む)処理には、焼却方式と陸上げ方式の2方式がある。
- ・ 焼却方式は、廃油サービスタンクと焼却炉又は廃油焚き可能な補助ボイラにて構成される。
- ・ 廃油サービスタンクにはスラッジ及びビルジ分離油の水切り装置を設ける。
- ・ 陸上げ方式は、スラッジ貯蔵タンクと陸上げ用配管にて構成される。
- ・ 清浄機からスラッジタンクへのスラッジ排出管は単独又は集合管のいずれでも良いが、スラッジタンクからのペーパーが休止中の清浄機に腐食等の悪影響を及ぼさない様単独配管の場合、出口が常時タンク液面下にある様に、又、集合管の場合は清浄機出口にバルブを設ける。
- ・ スラッジ排出管の傾斜は、F.O. スラッジの場合、水平より15°以上、L.O. スラッジの場合垂直から15°以下にとるようにする。
- ・ 排出管の傾斜が充分でない場合にはスチームトレースを施す。
- ・ スラッジ移送系統には、スチームトレースを施す。
- ・ 廃油サービス系統には、スチームトレースを施すと共にA重油への置換が出来る配管を設ける。

3.2 機器・装置の要求仕様

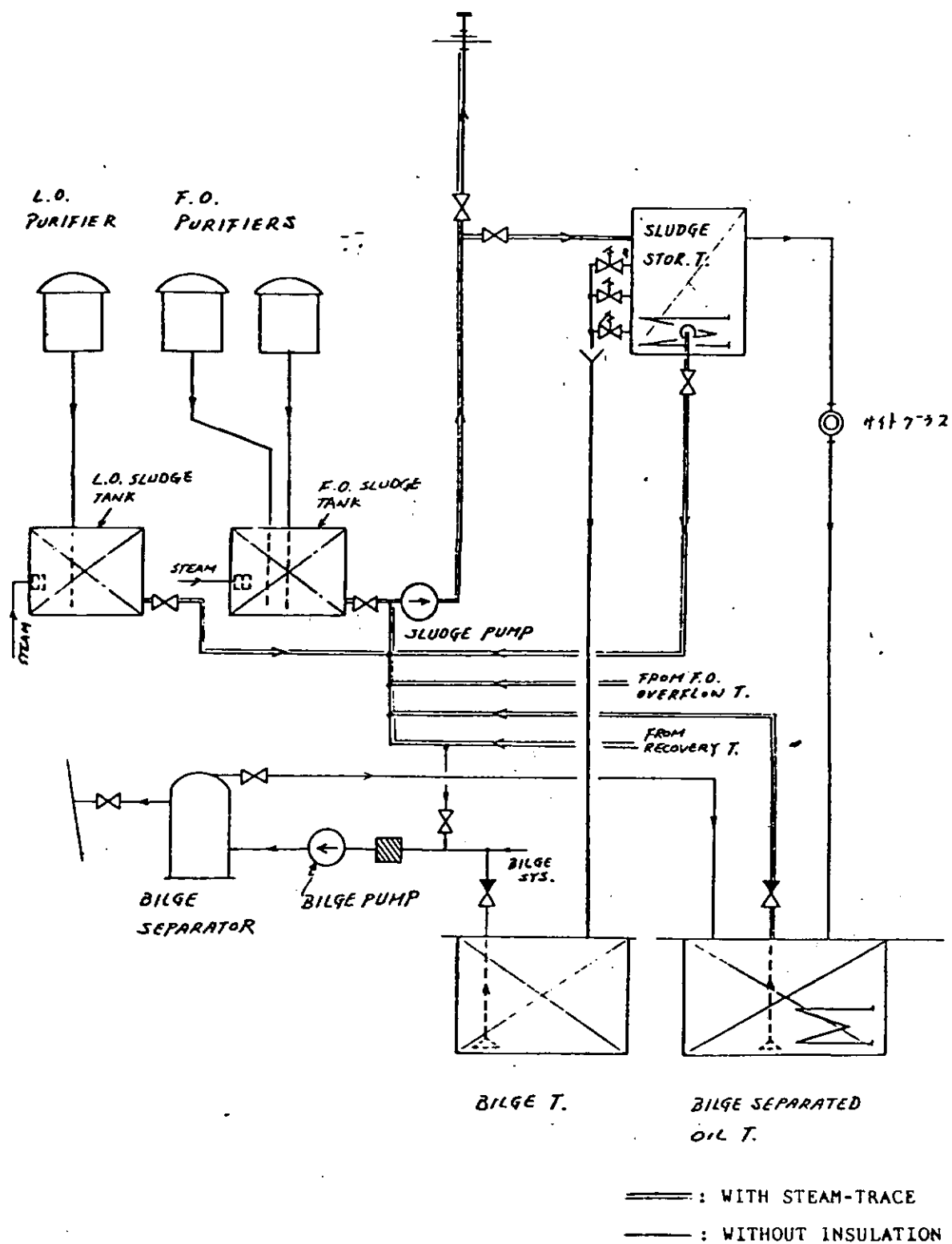
機器・装置名称	項 目	要 求 仕 様
F.O. スラッジタンク	個 数	1 個
	容 量	清浄機のスラッジ(水含む)排出分の2日分とする。
	(備 考)	清浄機の形式、使用台数及びスラッジ排出間隔により異なるが目安として2 m ³ 程度
	構 造	内部清掃が容易な構造とする。
	加 熱 方 式	蒸気吹き込み又は加熱コイルを設ける。
	(備 考)	加熱コイルを設ける場合は、内部清掃が容易になる様に考慮すること。
L.O. スラッジタンク	個 数	1 個
	容 量	清浄機のスラッジ(水含む)排出分の2日分とする。
	(備 考)	清浄機の形式、使用台数及びスラッジ排出間隔により異なるが容量の目安として下記を考える。 クロスヘッド機関……………1 m ³ トランクピストン機関……………2 m ³
	構 造	内部清掃が容易な構造とする。
	加 熱 方 式	蒸気吹き込み又は加熱コイルを設ける。
廃油サービスタンク (焼却方式)	個 数	1 個
	容 量	スラッジタンクの合計容量とする。
	構 造	・内部清掃が容易な様、外骨構造とする。 ・スラッジの堆積を防ぐためタンク底部は傾斜をつける。
	加 熱	加熱コイルを設ける。
廃油貯蔵タンク (陸上げ方式)	個 数	1 個
	容 量	陸上げ間隔により決定する。

機器 装置名称	項 目	要 求 仕 様
廃油貯蔵タンク (陸上げ方式)(つづき)	構 造	◦内部清浄が容易なる様，外骨構造とする。 ◦スラッジの堆積を防ぐためタンク底部は傾斜をつける。
	加 熱	加熱コイルを設ける。
スラッジ移送ポンプ	台 数	1 台
	ポンプ形式	容積型，一軸ネジ式横型
	容 量	1～5 m ³ /h
	粘 度	1,000 cSt 以上

3.3 スラッジ処理システム (焼却方式)



3.4 スラッジ処理システム（陸上げ方式）



4. 配管その他

4.1 配管システム計画上の留意事項

ISO-RM55Hに規程されている燃料油の如く高粘度・高流動点の場合は、滞留部をなくす事や保温・スチームトレースを確実にこなう必要がある。又、第2編の実験報告に述べられている如く、管内にスラッジが固着した場合には良質の燃料油で洗い流す工夫も有効である。また、加熱装置表面温度は流速のある場所では200℃以下、静止状態では160℃以下にする必要がある。

4.2 配管の要求仕様

機器・装置名	項目	要 求 仕 様
配 管	保 温	- スチームトレースを施工する系統 移送ライン 清浄ライン サービスライン ドレンライン スラッジ移送ライン スラッジサービスライン - 保温しない系統 空気抜きライン オーバーフローライン 計 装 管
	閉 塞 防 止	滞留部のないようにする
	計 装 管	室温で流動性を失なうことのない液体に置換できるようにする。(ディーゼルオイル, エチレングリコール等)
	オ プ シ ョ ン	- 配管の最下部にドレン抜きを設ける。 - スラッジが固着する可能性のある管には流動性の良い燃料(ディーゼルオイル等)でフラッシング洗浄可能な様に置換用の接続口を設ける。

5. 潤滑油システム

5.1 システムの概要

潤滑油システムは、機関の型式によって異なる部分があるが、ここでは、クロスヘッド機関とトランクピストン機関に分けてそのシステムと構成機器の要求仕様を取りまとめた。

仕様を取りまとめるに当たって、現状の3,500秒燃料油仕様とISO-RM55H相当(6,000秒)燃料油を用いた場合の仕様について、各造船所へアンケート調査を行った。

調査の結果、6,000秒油対策として、トランクピストン機関では、潤滑油の汚れ増加を考慮して清浄機の容量アップ、精密フィルタによる側流清浄の追設を考えられているが、クロスヘッド機関では3,500秒油仕様とほとんど同じ仕様およびシステムが採用されている。

現在、6,000秒油を長期間使用することによる潤滑油への影響度合が不明な点があり、その清浄システムも十分な対策を立案することは難しいが、ここでは、前述のアンケート調査結果を集約して、超粗悪燃料油使用に対する潤滑油のシステムと機器の仕様を取りまとめた。

なお、今後の課題として超粗悪燃料油使用に対する性能の良い潤滑油の開発が望まれる。

5.2 潤滑油システムの要求仕様

機 器 項 目		クロスヘッド機関		トランクピストン機関		備 考
		3,500秒F.O.	6,000秒F.O.	3,500秒F.O.	6,000秒F.O.	
清 浄 機	台 数	1 (注1)	1 (注1)	2 (注2)	2 (注2)	(注1)予備を設ける場合あり (注2)2台並列使用可能とする
	形 式	全量排出形	同 左	同 左	同 左	部分排出形とする場合あり
	清 浄 方 式	連 続 側 流	同 左	同 左	同 左	但し、一括清浄できる配管を設ける
	容量(ℓ/ps)	0.1～0.125	0.1～0.125	0.2～0.3	0.2～0.4	(機関形式により異なる)
	しぼり率(%)	0	0	約 50	25～50	(メーカー標準容量をベース)
	油 の 種 類	ストレート油	ストレート油	デタージェント油	デタージェント油	(清浄機容量決定ベース)
清 浄 機 入 口 ス ト レ ー ナ	台 数	1	1	2	2	(清浄機1台に対しストレーナ1台)
	形 式	単式手動洗滌	同 左	同 左	同 左	複式を採用する場合あり
	網目サイズ (メッシュ)	60	60	60	60	
主 機 入 口 ス ト レ ー ナ	台 数	1	1	1	1	
	形 式	単式自動逆洗	同 左	同 左	同 左	複式手動切換、手動逆洗もあり
	網目サイズ (メッシュ)	50	50	30	30	
サンプタンク	容量(ℓ/ps)	1～1.4	1～1.4	1～1.5	1～1.5	機関形式により異なる
シリンダ油 タ ン ク	容量(日分)	90～120	90～120	—	—	(注油量 0.7～0.85 ℓ/psにて)
スタフィン ボ ッ ク ス ドレンタンク	容量(日分)	10～14	10～14	—	—	
そ の 他		スタフィンボックスドレンは清浄機にて清浄できる配管を設けることがある。		主機入口ストレーナ出口から一部の油をバイパスし側流フィルタを通してサンプタンクへ流すシステムを設ける場合がある。 (清浄効果をさらに高めるため)		
シ ス テ ム	参 照 図	図 3. 2. 1		図 3. 2. 2		

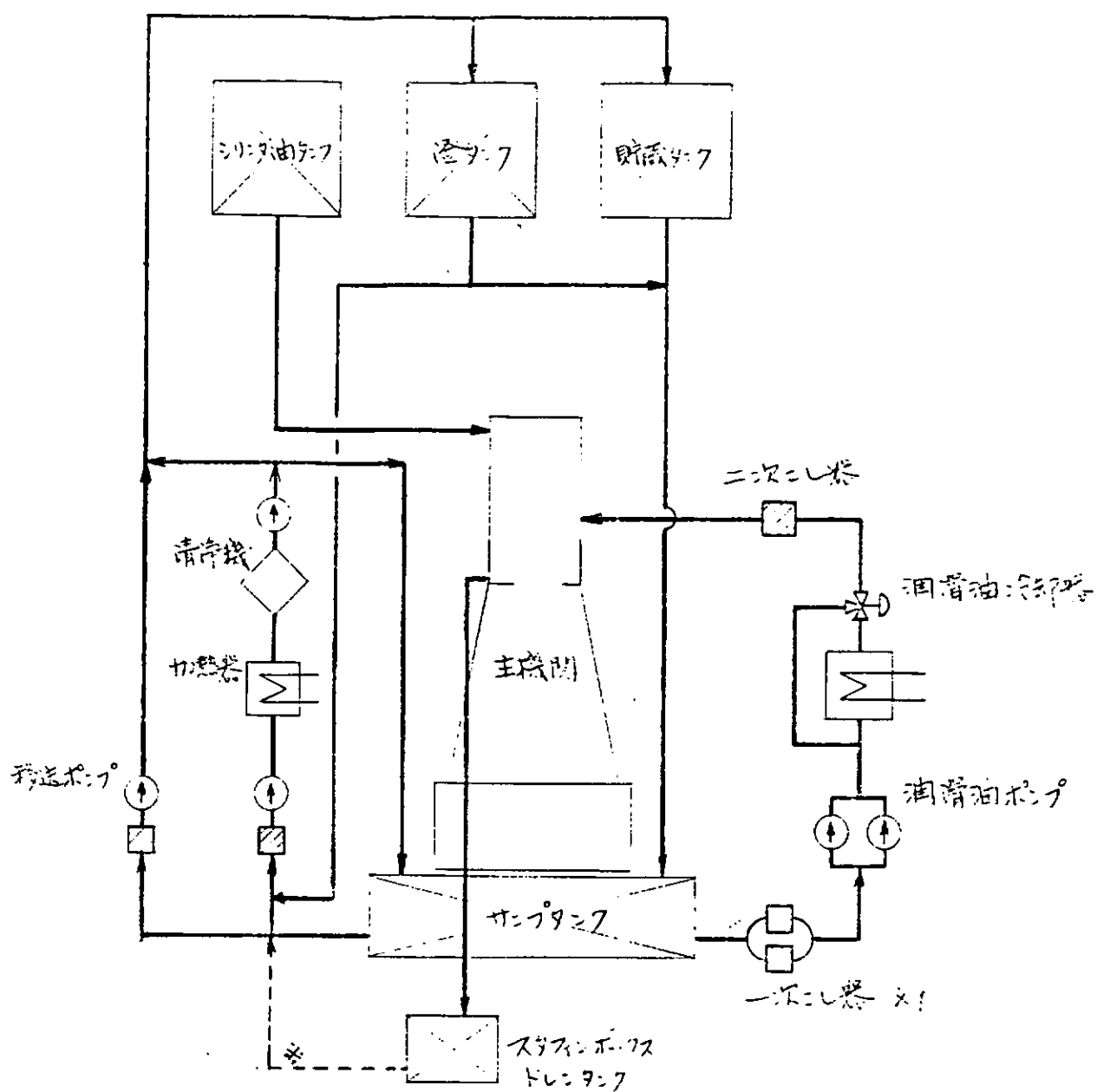


図 3.2.1 主機関潤滑油システム(クロスヘッド型)

(注)※1 潤滑油ポンプがディープウェル式の場合、一次こし器は設けない。

※2 スタッフィンボックスドレンは、清浄機にて清浄できるよう点線の配管を設けることがある。



6. ディーゼル機関

ディーゼル機関のメーカーが多く、その機種も大型機関から小型機関に至るまで多岐に渡っていること、また、粗悪燃料油対策が現在研究中であったり、開発発表されてはいるが、使用実績が浅い等の理由により、具体的にディーゼル機関の構造、材質、付属品等について要求仕様としてまとめることは実用的ではない。

そこで、ここでは、ディーゼル機関の性能に関する要求仕様としては、前回、主要機関メーカーに対して行った「開発目標としている燃料油の許容性状」および「ISO RM55H燃料を使用する場合の問題点と今後の開発課題」に関するアンケート結果より、次の開発課題を早急に解決し、下表中の燃料油が問題なく焚けるディーゼル機関を早期に実現することを希望するということにとどめた。

ISO RM55H燃料を使用する場合の今後の開発課題

- 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
- 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

6.1 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 ・アスファルテン， %wt ・残炭， %wt ・灰分， %wt ・S， % ・V， ppm ・Al（触媒粒子を含む）， ppm ・エンジン入口におけるAl（触媒粒子を含む）， ppm ・エンジン入口におけるFCC 触媒粒子の許容最大粒子径， μ	ISORM 55 H クラス(6) 3(1) 2(1)， 3(1)， 5(1)	3,500(2)， 4,000(1)， 4,500(1)， 6,000(6)， 7,000(1) 6(1)， 7(1)， 10(3)， 12(2)， 14(2)， 15(1)， 規定値なし(1) 15(4)， 18(2)， 20(1)， 22(4) 0.06(1)， 0.1(4)， 0.15(1)， 0.2(4)， 規定値なし(1) 4(5)， 5(6) 200(2)， 300(3)， 400(1)， 600(5) 30(8) 3(1)， 5(3) 2(2)， 3(3)， 5(2)

なお、現在主機メーカーが開発目標としている燃料油の許容性状の中で、FCC触媒粒子の含有量及びサイズについては、現存する燃料前処理装置による処理だけでは達成することが殆んど不可能に近い厳しい値である。従ってエンジンメーカーに対しては、この許容値を出来るだけ大きくするためのなお一層の研究開発が強く望まれる。

第3章 プラント運転・取扱い上の注意事項

1. 燃料油補給について

1.1 燃料油貯蔵タンク

燃料油の混合安定性上問題が起こる可能性があるので、船内タンクでの混合は出来るだけ避けることが望ましい。やむをえず混合する場合は、両者の比率を1:9, 2:8のように大きくする。なお、船内でのスラッジの異常析出の大半はウェットスラッジによるものであるから水分の混入は極力回避しなければならない。

1.2 補油時のサンプル採集と保管

燃料油の品質による種々なトラブルの発生を防ぎ適確な燃料油管理を計るために船主協会では燃料油補給時に補給業者に対し国際船主協会制定のBunker Delivery Note (B.D.N. : 燃料油性状表)に従った性状に関する報告書を本船に提出するよう積極的に要求することを決定した。(140頁参照)

上記B.D.N.が提出されないときにも後日に備えて現場の供給責任者立合いのもとにバージ又はホースのコック等よりサンプルを採集し船に保管しておく。

1.3 補油時の燃料油性状チェック

提出された性状に疑問がある場合は、ただちに船内で簡単な試験をすることが望ましい。船内における燃料油の簡単な試験方法については、日本海事協会の『船用機関システムにおける省エネルギー指針』(1982年8月)を参照されたい。

2. 燃料油の移送について

燃料油の低質化に伴って流動点が+20℃を起えるものも見受けられるので、次の点に注意されたい。

- (1) 船体付FOタンクは加熱すれば良いが、空タンク内を通る送油管内で流動不良となるケースが考えられる。

この対策として機関室から遠いタンクから順に使用するか、途中のタンクは空にしないで、送油管が加熱できる程度にFOを残しておく。タンクヒーティングに際し積荷(グレイン等穀物類)によってはカーゴ・ダメージの原因となるので注意する。

- (2) 停泊中または寒冷地域航行中は機関室温度の低下により移送管内で流動不良となる恐れもあるのでスチームトレースに通汽するか入港前他油槽と入れ替えるなどの配慮が必要である。

- (3) 燃料油移送ポンプの使用粘度範囲を考慮して、これ以下の粘度となる様にFOタンクを加熱する。例えば、所謂6,000秒FOの場合は加熱温度は約40℃以上必要となる。

- (4) 船体付きFOタンクを加熱する場合、多量の蒸気が必要となり、ボイラ、排エコの蒸発容量から制限を受けるので、寒冷域での移送を極力回避する等タンク加熱の時期を考慮する。

尚、蒸気の有効利用の面から、

- 1) 漏洩蒸気を極力減少する。
- 2) FO管にラギングを取付けて放熱を防ぐ。
- 3) ドレントラップの作動を良好とする。
- 4) 熱交換器の掃除を行い、伝熱効率を良くする。

3. 既存船に低質燃料油を補油した場合の応急処置

現在、所謂6,000秒燃料油を実際に搭載した例がなく、又、その様な燃料油を入手するのは未だ困難であるため、十分な検討はできないが、既存の1,500秒仕様の船舶が3,500秒～4,500秒クラスの低質油を搭載した場合の応急処置は、そのまま6,000秒燃料油に対する応急処置に適用できる。前述の日本海事協会の『船用機関システムにおける

省エネルギー指針』には、ディーゼル主機関の保守についての注意事項と共に既存の1,500秒仕様船の3,500秒～4,500秒クラスの低質油に対する応急処置が詳述されているので参考にされたい。

THE JAPANESE SHIPOWNERS' ASSOCIATION

KAIUN BUILDING
6-4 HIRAKAWA-CHO 2-CHOME, CHIYODA-KU,
TOKYO, 102 JAPAN

TEL
TOKYO (264) 7171
TELEX
2322148 JSA J

Date: _____

Our Ref: _____

Dear Sir,

Adoption of Bunker Delivery Note

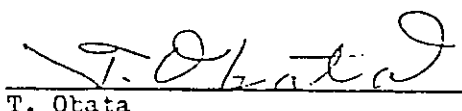
As you are aware, there have recently occurred more troubles between bunker suppliers and shipping companies regarding deteriorated quality of marine fuel oil which may cause engine trouble of vessels.

In order to avoid such trouble, we have decided to adopt the recommendation of the International Chamber of Shipping on Bunker Delivery Note and Sampling of fuel.

You are, therefore, kindly requested to observe the procedure enumerated hereunder for our members, when you supply marine fuel oil to our members' vessels:

1. The supplier to fill out the items in the Bunker Delivery Note and present it together with documents as before to the master of a vessel after a responsible person of the supplier has signed it. A blank form of Bunker Delivery Note is attached to this paper.
2. The fuel sample to be collected at the time of delivery of marine fuel oil under the supervision of the supplier's and our members' representatives. The sample to be sealed and signed by both parties.
3. The supplier to guarantee the standard of marine fuel oil proposed by the British Standard Institute which is attached hereto.

Yours faithfully,



T. Otata
Managing Director
Coordination Division
The Japanese Shipowners' Association

INTERNATIONAL CHAMBER OF SHIPPING

RECOMMENDED BUNKER DELIVERY NOTE

NAME OF VESSEL: _____

@

(PORT) _____

Product name or general designation	
Quantity in tonnes	
Volumetric Quantity (m ³)	
Temperature of Product (°C)	

Density at 15°C (kg/litre)	
Kinematic Viscosity (cSt) at corresponding temperature (°C)	@
Flash Point (P-M) Closed Cup (°C)	
Pour Point (°C)	
Conradson Carbon Residue (percentage by mass)	
Sediment (percentage by mass)	
Water Content (percentage by volume)	
Cetane Index (distillate fuels only)	
Sulphur (percentage by mass)	
Vanadium (mg/kg)	

Note: Specific energy (calorific value) (MJ/kg) can be calculated from the known density and sulphur contents in the formulae quoted in BS 2869 Amendment 2 "Petroleum Fuels for Oil Engines and Burners".

Bunker Supplier: _____

 Signature of Suppliers'
 Representative or Agent: _____

Date of Delivery: _____

第4編 外航大型船における超粗悪燃料油実船実験方案

1. まえがき

SR185では3ケ年に亘って将来市場に多く出まわると予想される超粗悪燃料油……所謂Future Fuel……について研究を行ない、その問題点を明確にすると共に幾つかの対応策も提案して来た。これ等の対応策の中には既に実船でその効果が実証されているものもあるが大部分は未だ実船で実証されていないものが多い。燃料油の問題は、機器各部の汚損(スラッジの堆積も含む)、摩耗、腐食や燃焼そのものなど実機で長時間掛けて評価されなければならないものが多く、そのため実船実験が是非とも必要である。

ところが、Future Fuelは現状では未だ定常的に入手できる状態ではなく、SR185で当初予定していた実船実験は残念ながら取り止めざるを得なかった。しかし、この燃料問題は船の運航スケジュールに重大な支障をきたすばかりではなく、時として船を漂流や衝突の危険に落とし入れることにもなる非常に重大な問題である。

従って、近い将来Future Fuelが定常的に入手出来る目途さえつけば可及的速やかに実船実験を行うことが必要であり、これらは単に船会社の利益ばかりではなく世界の50%近くの船を建造している我国、造船界の責務でもあると云えよう。

そこで、本編では実船実験が一刻も早く実現できるように、その基本構想を取りまとめたものである。

2. 研究の目標

目標とするISOのRM55H規格(案)相当の燃料油が支障なく使用できることを確認し、もしも、なお問題が残るとすれば、その問題点の抽出を行なう。

すなわち、本研究で期待できる成果として次のことが考えられる。

- (1) SR185の提案による新システム(オプションも含む)の効果と実用性の実証
- (2) 燃料油スラッジ対策の確認
- (3) 硬質スラッジ(FCC触媒など)対策の確認と使用機器の摩耗データの収集
- (4) 燃焼障害と燃料性状の相関関係
- (5) 汚れ、腐食等と燃料性状の相関関係
- (6) その他

3. 研究組織

造研内に下記メンバーで研究部会を設ける。

- | | | |
|---------------|-----------|-------------|
| (1) 学 識 経 験 者 | (2) 船 会 社 | (3) 造 船 会 社 |
| (4) 機関機器メーカー | (5) 油 会 社 | (6) そ の 他 |

4. 実験船の選定

Future Fuel対策を実施した新造船で下記の条件を満す船舶を選定する。なお、主機の種類や船の種類を考慮して実験船は3～5隻が望ましい。

- (1) 希望する性状の燃料が定常的に入手可能な航路、港に配船される船舶
- (2) 日本国内に定期的に帰港する船舶

5. 実験船の安全のために装備する特殊機器

実験船には、上記Future Fuel対策を設けると共に十分な予備品を持ち、万一の危険を出来るだけ避けるために

下記の装置や計器を設けることが望ましい。

- (1) 実績のある燃料油の予備を持てる貯蔵タンク設備：運航に支障をきたさないための対策
- (2) 燃料の常時監視装置：スラッジ等の異物の検出……例えば機関入口の燃料油の一部を精密フィルターに通し、目詰りの程度で監視する方法など
- (3) 燃焼の常時監視装置：排気ガス温度の他に燃焼室壁の温度も計測し燃焼の異常の有無を監視
- (4) その他：ピストンリング監視装置等により異常摩耗の早期発見

6. 研究期間

研究期間は3ケ年とする。但し、夫々の実験船は就航から保証ドック迄の約1年間を研究対象期間とする。

7. 研究内容

- (1) Future Fuel 対策の仕様確認
- (2) 燃料油の性状分析

燃料供給業者から事前に必要な燃料性状を提出して貰うこととするが、下記の分析も実施する。

(2-1) 船内での試料油採取

- ア. 積込時の移送配管系より積込毎に採取
- イ. 機関入口から片航1～2回採取

(2-2) 分析は積込時の移送配管系の試料油の一般性状分析を実施し、問題が生じた時、必要に応じて機関入口で採取した試料油を分析

(2-3) 試料油の一般性状分析項目の例

- | | | | |
|-----------|---------|----------|----------|
| ① 密度 | ② 反応 | ③ 粘度 | ④ 流動点 |
| ⑤ 引火点 | ⑥ 硫黄分 | ⑦ 塩分 | ⑧ 残炭 |
| ⑨ 灰分 | ⑩ 水泥分 | ⑪ アニリン点 | ⑫ キシレン当量 |
| ⑬ アスファルテン | ⑭ レジン分 | ⑮ 水分 | ⑯ 発熱量 |
| ⑰ バナジウム | ⑱ ナトリウム | ⑲ アルミニウム | ⑳ シリコン |
| ㉑ ディーゼル指数 | ㉒ その他 | | |

- (3) 機関の稼動状況及び保守状況のフォローとデーター入手及びそれ等の評価
- (4) 機関機器の開放時の摩耗及び汚れ状況などの記録入手とその評価
- (5) その他の調査
 - ア. トランクピストン形の場合は、システム油の性状分析とその評価
 - イ. クロスヘッド形機関の場合はランタン油又はピストン棒パッキン部漏洩油中の金属分の分析(ライナ、リングの過大摩耗のチェック)
- (6) 総合評価

備考：実船実験期間中に特殊事例のため陸上実験で原因確認の必要が生じた場合は別途陸上実験を検討する。

8. 研究を推進する上での二、三の提案

(1) 研究部会の役割

研究計画の立案、推進、実験結果の評価及び総合評価の実施、

(2) 研究担当船会社の役割

ア. 実験船の提供及び必要機器の装備

イ．実験の実施とデーターの提供

ウ．試料油の採取及び陸揚げ発送（分析は共通の分析会社にて一括実施する。）

(3) 研究担当造船会社及び機関、機器メーカーの役割

ア．実験船に必要な計器、機器の計画

イ．実験船の訪船調査（計測員の乗船調査は予定せず）、試料油採取容器の搬入

ウ．開放、点検調査

エ．その他

(4) 研究担当油会社の役割

ア．Future Fuel の定常的な供給

イ．供給する燃料の性状の事前提供

ウ．潤滑油会社の場合は、潤滑油性状のフォローとそのデーターの提供

(5) 訪船調査について

本船に調査表を予め渡しておき、必要事項を記入して貰い訪船時に補足事項を調査記入する。

調査表の一例として日本舶用工業会が昭和56年度に訪船調査した際に使用したものを参考までに添付する。

燃料油に起因すると推定される障害及び分析調査表 (1/4)

項 目		回 答	
1	船 名		
2	船 種		
3	主 た る 航 路		
4	主 機 型 式		
5	発電機用原動機型式		
6	主 機 用 潤 滑 油		
7	障害発生時の平均負荷		
8	障 害 発 生 機 器	① 主機 (② 発電機用原動機) ③ 燃料油清浄機, ④ 燃料油ストレーナー ⑤ 燃料油移送ポンプ, ⑥ 燃料油加熱器 ⑦ ホモジナイザー, ⑧ オイルバーナー	
9	使 用 燃 料 油	A	B
	補 油 港		
	補 油 年 月 日		
	供 給 業 者		
	銘 柄		
	精 油 所		
	原 油 原 産 地		
	混合した場合の比率		
10	燃 料 油 の 管 理 状 況		
タ ン ク 管 理	1. セットリングタンク掃除 年 月 / サービスタンク掃除 年 月		
使 用 油 温	セットリングタンク ℃ / サービスタンク ℃ / ヒーター出口 FO弁入口 ℃		
ス ト レ ー ナ ー	1. 型式 2. 最終段のメッシュ 3. 自動・手動		
清 浄 機	型式 / 容量 ℓ/h / 台数		
清 浄 諸 元	1. Clarifier 清浄 2. 通油量 ℓ/h / 台		
"	3. 通油温度 ℃ 4. ブローインターバル hr 5. 開放清掃 インターバル hr		
加 熱 器	型式 (蒸気, 電気)		

燃料油に起因すると推定される障害及び分析調査表 (2/4)

障 害 の 内 容 (該当番号に○で囲む)			障 害 の 状 況 詳 細 及 び 処 置 (記載内容の項目の詳細は記事欄にて記入下さい。)		
機 器	分 類	運 転 中 の 現 象	開 放 結 果	記 載 内 容	提 出 サ ン プ ル
デ イ ー ゼ ル エ ン ジ ン	1. 機関性能の異常変化 (2～6項のいずれにも該当し ない燃焼不良状態とする)	1. 排気色悪化 2. 排気温度上昇 3. Pmax異常又はノッキング発生 4. 燃料消費量増加 5. その他()	1. 燃焼現象異常準備 2. その他()	1. 発生状況と処置 堆積物 10 g	
	2. 過給機の故障	1. 排気温度上昇 2. 給気圧力低下又は上昇 3. サージング発生 4. 排気色悪化 5. 水洗で状況が好転する。 6. その他()	1. タービンノズルにデブリ積付異 常堆積 2. タービンブレード及びケーシ ングにデブリ積付異常堆積 3. プロワ折損 4. その他()	1. 発生状況と処置 2. 水洗の実施状況 堆積物 10 g	
	3. 燃料噴射弁異常	1. 排気色悪化 2. 排気温度上昇 (特定シリンダ) 3. Pmax異常 (特定シリンダ) 4. 機関出力の低下 5. 始動性不良	1. ノズル先端カーボン付着 2. 開弁圧力低下 3. 霧化不良 4. 針弁固着 5. 噴孔の閉塞	1. 発生状況と処置 2. 燃料油清浄機のスラッジ排 出状況 3. 当該部品の使用時間と平常 時の整備間隔 不具合現品	
	4. 燃料噴射ポンプ異常	1. ラック目盛増加 2. 燃料リーフ量増加 3. 着火不良 (特定シリンダ) 4. 始動不良 5. コントローララックの燃焼調整増大 6. 機関出力の低下	1. ブラウンジャ・バレル異常摩耗 2. " " 固着 3. 高圧油の吹き抜け (高圧油タイ ト面) 4. バレルとスリーブ又はラックと スリーブの固着	1. 発生状況と処置 2. A-C切換操作条件 3. 燃料油清浄機のスラッジ排 出状況 4. 当該部品の使用時間 不具合現品	
	5. ライナ、ピストリングの異常摩 耗	1. Pmax低下 2. クランク室からミスト異常発生 3. シリンダから異音発生 4. 排気色悪化 (白っぽい) 5. その他()	1. ライナ異常摩耗 2. ピストンリング異常摩耗 3. ピストンリング固着 4. その他()	1. 発生状況と処置 2. シリンダ冷却水出入口温度 3. 空気を冷却機後給気温度 4. 潤滑油のTBN及び消費率 の推移 使用潤滑油 1 L	
	6. 排気弁の吹抜け	1. 排気温度上昇 (特定シリンダ) 2. Pmax低下 (特定シリンダ) 3. 異音発生 4. その他()	1. シート面に異物がみ込み 2. 高温腐食 3. 振動腐食 4. その他()	1. 発生状況と処置 2. 当該部品の使用時間と平常 時の整備間隔	
	7. 燃料系統の腐食	1. 圧力低下又は漏洩 2. その他()	1. 腐食跡 2. その他()	1. 発生状況と処置	

燃料油に起因すると推定される障害及び分析調査表 (3/4)

障 害 の 内 容 (該当番号を○で囲む)				障 害 の 状 況 詳 細 及 び 処 置 (記載内容の項目の詳細は記事欄にご記入下さい。)	
機 器	分 類	運 転 中 の 現 象	閉 放 結 果	記 載 内 容	提 出 サ ン プ ル
燃 料 油 清 浄 機	1. 異常流出	1. 水側へ油の流出 2. 清浄油の逆流 3. スラッジ側へ油の流出 4. 循環水の油での汚れ 5. その他()	1. 調節板の不適切(mm) 2. シール箇所へスラッジの固着 3. 循環水通路の閉塞 4. その他()	1. 発生状況と処置 2. 循環水タンク補水量 (L/h) 3. 循環水タンクスラッジ堆積量 (kg)	1. 清浄機入口で使用燃料油 0.5 L
	2. スラッジ排出不良	1. 排出音なし又は小 2. 排出しない又は量が少ない 3. 異常振動又は振動増加 4. 騒音増大 5. 清浄油中水分の増加 6. その他()	1. スラッジの異常堆積 2. スラッジの偏在 3. 水出口の閉塞 4. その他()	1. 発生状況と処置 2. スラッジ堆積状況	1. 清浄機入口で使用燃料油 0.5 L 2. 回転体内スラッジ 100 g
	3. 分離不良	1. 清浄油中水分、固形分が低減しない 2. 水側へ乳化油の流出 3. その他()	1. 調節板の不適切(mm) 2. その他()	1. 発生状況と処置	1. 清浄機入口で使用燃料油 0.5 L
	4. 回転体の侵食腐食		1. スラッジ出口管系統の詰まり 2. スラッジの堆積・固着 3. 腐食跡 4. その他()	1. 状況と処置 2. スラッジ堆積・固着状況 3. 腐食状態 4. 当該部品の使用時間	1. 清浄機入口で使用燃料油 0.5 L 2. 回転体内スラッジ 100 g
燃 料 油 ス ト レ ー ナ ー (最終段)	1. 早期閉塞	1. 早期に吐出圧力低下する (圧損増加する)	1. スラッジ多量堆積	1. エレメントの種類 2. ろ過面積 3. 逆流の時間間隔 (自動又は手動) 4. 分解掃除の時間間隔とその変化 5. 主置圧力(kg/cm ² G) (ライン圧力)	1. 使用燃料油ろ過器入口より 1 L 2. 捕捉スラッジ10 g以上
	2. 腐 食	1. 変化なし 2. 圧損減少	1. 金網が孔、あるいは捲線の断線	1. エレメント材質	1. 破損現品 (附スラッジ共)

燃料油に起因すると推定される障害及び分析調査表 (4/4)

障 害 の 内 容 (該当番号を○で囲む)			障 害 の 状 況 及 び 処 置 (記載内容の項目の詳細は記事欄にて記入下さい。)		
障 害 分 類	運 転 中 の 現 象	開 放 結 果	記 載 内 容	提 出 サ ン プ ル	記 事
燃 料 油 移 送 ポ ン プ	1. 異常音, 異常振動 断続的, 連続的 その他 ()	1. キャベテーションによるものであれば気泡が微細化される。 2. 気泡物によるものであれば振動部に低, その他の振動が現る場合が多い。	1. 発生状況と処置 (運転時の室温, 液温,) (吸込圧力, 吐出圧力)	1. 堆積物 10 g (液中の未燃物のサンプリングの採取又は詳細 (物名, 粒径, 量 etc.)) 2. 不具合項目又は不具合現象部品の写真	
	2. 異常発熱	1. ケーシングの発熱 1) 吸込不能による発熱 2) 吐出不能による燃料発熱 2. 軸受部の発熱 (振動部の異常当たり) 3. 軸封部の発熱 4. 過し弁の発熱	1. 振動部や当り面の点検 2. 潤滑油経路の点検 3. フランジ部経路の点検 4. 弁, 弁座面の点検	1. " " 2. " "	
	3. 吸込, 吐出不能	1. 真空計の指示値 1) 異常な値を示している 2) 異常に振動している 2. 圧力計の指示値 1) 異常な値を示している 2) 異常に振動している	1. 振動部や当り面の点検	1. " "	
燃 料 油 加 熱 器	1. 燃料油加熱不良	1. 油加熱器の油出口温度が規定の温度に到らない。	1. 発生状況と処置	1. 潤滑油 (スラッジ) なるべく多量 10 g 以上	
ホ モ ジ ナ イ ザ ー	1. ボールベアリング回転不能	1. ボールベアリング固着 2. タイヤ, ディスクの摩耗	1. 発生状況と処置 2. ホモジナイザー前後の配管系統	1. ベアリング固着サンプル 10 g 2. 不具合ベアリング	
オ イ ル パ ー ナ ー	1. 着火不良 2. 燃焼不良 3. 失火, 断火	1. 点検後のごとく 2. アトマイザーのつまり 3. スプレッシャーボディー 4. 人口弁	1. 発生状況と処置 2. オイルバーナー前の配管系統	1. カーボン, デポジットのサンプル 10 g	
5) 一般性能概略			6) 潤滑油添加剤		
1. 主機使用状況			1) シリコン油		
1) 主機総運転時間 _____ 時間			鉛鉛 ☐ TBN ☐ 消費量 ☐ g/p.s.h		
2) 前回点検後の運転時間 _____ 時間			ii) システム油		
3) 現燃料油使用運転時間 _____ 時間			鉛鉛 ☐ TBN ☐ 消費量 ☐ g/p.s.h		
4) 使用平均負荷 _____ %			iii) 燃料油添加剤		
			鉛鉛 ☐ 添加量 _____		
2. 燃料油の性状			項目		
			1 比重 (15/4℃)		
			2 粘度 (50℃, cSt)		
			3 引火点		
			4 流動点		

付録 I . 超粗悪燃料油とその使用に関する資料・文献の一覧表(57年度分)

No	名 称	発 行 時 期	内 容 の 概 要
165	Burning high viscosity fuel in diesel engines	The Motor ship 82.3	最近の重質燃料油の傾向およびDiesel engine での使用による影響についての報告。
166	Fundamentals for a heavy fuel engine	The Motor ship 82.3	Vasa diesel engine の重質燃料油, 常用対策についての説明。Nodular cast iron ピストン, 負荷変動冷却 system
167	Separator trials for catalyst fines removal	Marine Propulsion 82.4	Alfa-Laval 社の Catalyst - fin を装備した遠心式油清浄機の試験報告。清浄効果を高める有効な方法について説明。
168	Coping with poor heavy fuels	C. A. Smith, Marine Propulsion 82.4	各中速 Diesel engine の重質燃料油使用対策についての調査報告。
169	Burning heavy fuel of the future	J. F. Chapuy (Pielstick) Marine Propulsion 82.4	近い将来に出現する高灰分, 高アルミ酸化物含有の重質燃料油の対策として SEMT - Pielstick を用いることを推奨している。
170	Emulsified fuel produces savings on ship-board trials	The Motor Ship, March, 1982	ディーゼルエンジンに約 2~10% vol. の水を添加したエマルジョン燃料油を使用した結果約 3% の燃料, 節減効果が得られ, 又, 燃焼室内のカーボンデポジットおよび排気側の汚れも少なかったとの報告。
171	船用潤滑油の動向	PETROTECH Jan. 1981	船用燃料油の粗悪化にともなう潤滑油の問題について述べている。
172	船用低質燃料油の利用技術	玉 木 恕 乎 日本造船学会誌第 629 号 (昭 56.11)	船用燃料油の性状の将来動向, 降着事例における燃料油性状と降着内容の相関性および使用上の対策について述べている。
173	Separation of Solid Particles from Marine Heavy Fuel Oil	Bo Von Schultz., Alfa-Laval 4th International Marine Propulsion Conference, March 4th '82	Alfa - Level 社遠心分離機を用いて, 重質燃料油からの固形粒子除去試験についての報告。 流量を減し, Fin 位置を速ぶことで除去効果は上がる。2 台を直列に使用すると除去効果は上がる。
174	Homogenisation	A. Jenkins, Vickers ditto	Vickers 社の残留重質油 Homogeniser 開発について。 Homogeniser と微粒子 filter を組み合わせ, 灰分水分を粉碎除去して, Cylinder liner, valve を保護する。

No	名 称	発 行 時 期	内 容 の 概 要
175	Fuel Qualities	D. Royle, DNV ditto	Varita 社が実施している Fuel Quality test について。当社は各船舶の燃料油分析を郵送してもらえば行ない、その結果を各船に通報している。
176	Centrifugal Separation	K. Giffen and F. J. Loddenkemper, Westfalia ditto	重質燃料油対策としての油清浄機の配置・操作に関する実験的報告。 特に触媒 Fine を用いた粒子分離は効果がある。
177	Blenders	D. J. Mottraw, Blue Star Line ditto	Bluestar 社において発電機用 Diesel engine への Blend oil 使用実績報告。 Blend oil tank をもうけるより in-line の方が経済性簡易性が優れている。

付録Ⅱ．超粗悪燃料油対策として提唱されている燃料油処理システムの紹介

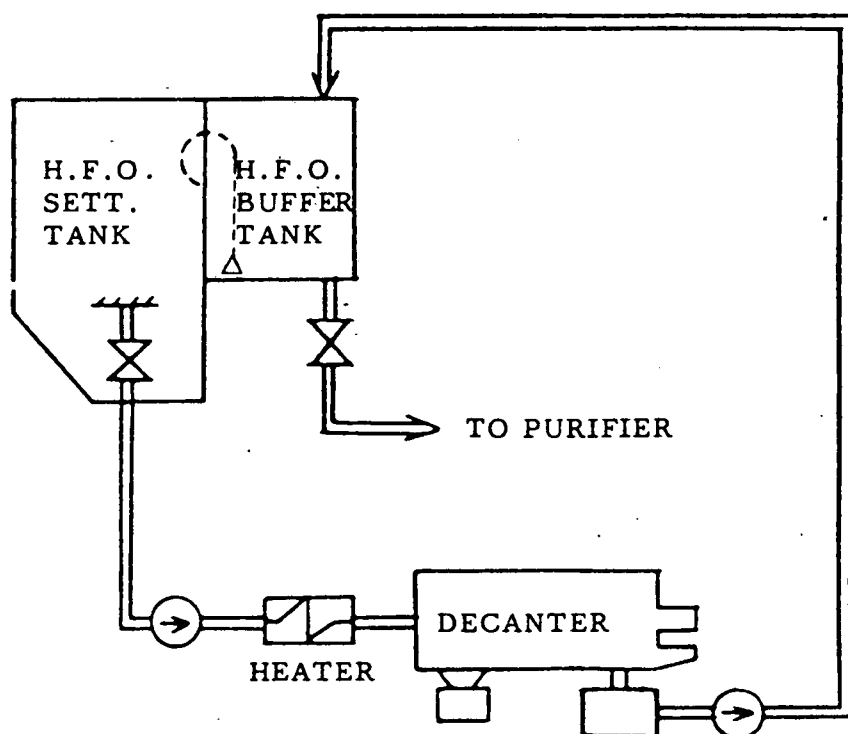
1. デカンター

燃料油の低質化による燃料油中のスラッジ分の増加は、清浄機の負荷を増大させ、メンテナンス頻度の増大やスラッジ排出回数の増加にともなう損失油の増加につながる。これらの問題点を軽減する一方法として、清浄機の前段にデカンターを装備した例がある。

デカンターの遠心力は、清浄機に較べ低い為、スラッジ分離能力は清浄機には及ばないが、スラッジを連続的に排出するので長時間無開放で運転できる。

デカンターの採用例（系統図参照）

デカンターは、燃料油セトリングタンクと清浄機間に設置され、清浄機の処理量より幾分多い量の燃料油を処理するものとし、デカンターの処理量を一定に保てる様にバッファータンクを装備している。

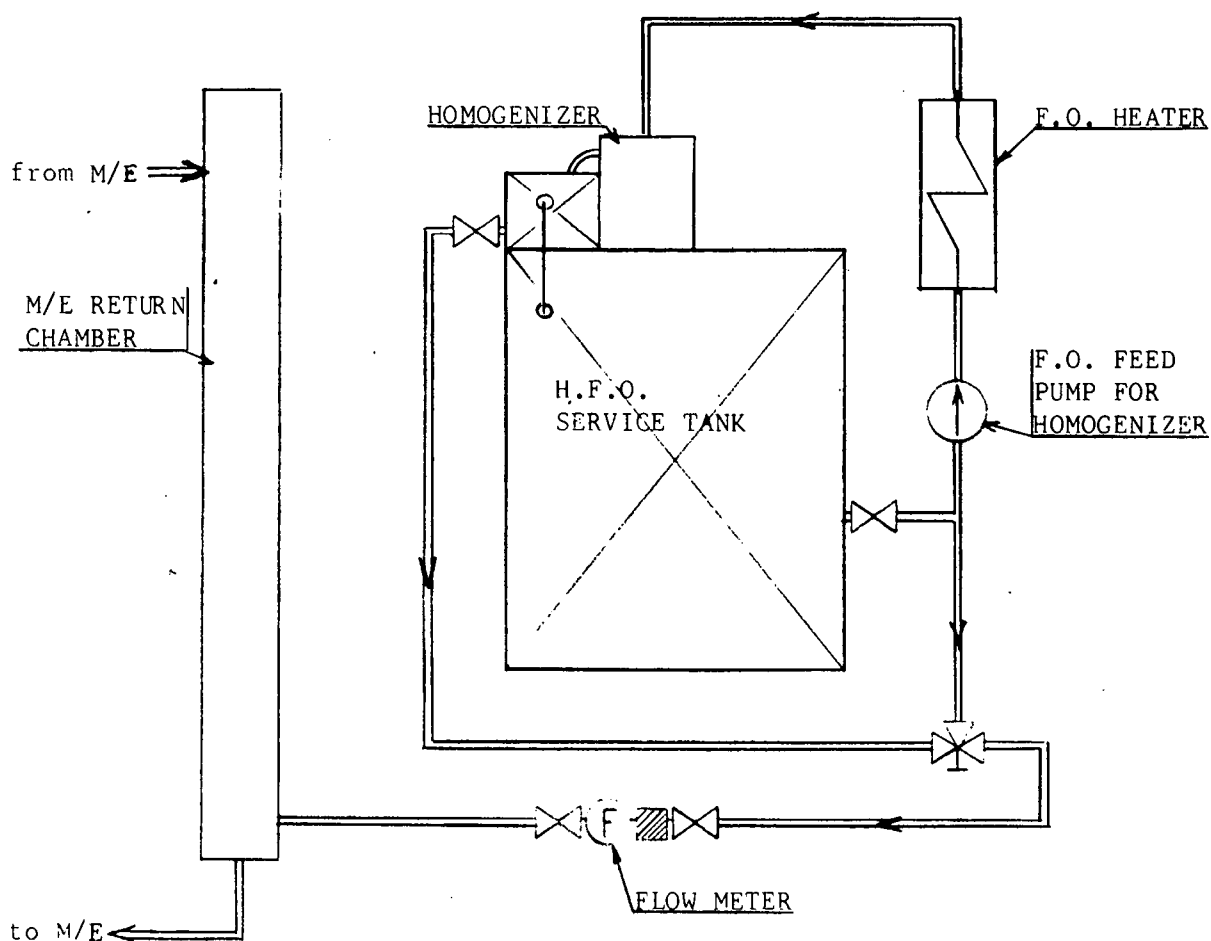


2. ホモジナイザー

燃料油中のアスファルテンやオイルスラッジは、ディーゼルエンジンでの燃料油噴霧及び燃焼に悪影響を及ぼすが、ホモジナイザーで燃料油を処理すると、これらの成分が微細化されると同時に、燃料油中に均質に分散され、その結果燃料油の噴霧及び燃焼の改善に効果があると言われている。

ホモジナイザーの採用例(系統図参照)

ホモジナイザーは燃料油サービスタンクとリターンチャンバーの間に設置され、主機の燃料消費量より幾分多い量の燃料油を処理するものとし、ホモジナイザーの処理量を一定に保てる様にバッファータンクを装備している。



3. 吸着式燃料油こし器

ISO-RM55HのAlは30 ppmと規程されており、これはFCC触媒粒子に換算すると約200 ppmと考えられている。

船用重油に混入してくるFCC触媒粒子の径は $0.2 \sim 20 \mu$ が最も多いが清浄機では $5 \sim 10 \mu$ 以下の粒子の除去はできない事が知られている。

一方、主機メーカーは、摺動部のクリアランスから $2 \sim 3 \mu$ 以上の固い触媒粒子の供給に難色を示しており、これを除去するためには主機入口に細かいメッシュのこし器を設置する以外に方法がないのが現状である。しかし逆洗式のこし器には、金網の強度上、加工上の問題から $2 \sim 3 \mu$ の粒子まで除去する様な細かいメッシュのものが無く、どうしても吸着式のこし器を採用せざるを得ない。この種のこし器は目詰まりが激しく、連続使用時間を延ばす為に相当大型化されており配置上の制約は避けられない。

吸着式こし器の採用例(系統図参照)

主機入口には自動逆洗式の2次こし器が設置してあり、その後段に3次こし器として吸着式こし器を設置した。これは、常時バイパスしておき、FCC触媒粒子が簡易検知器で認められた時にのみ使用するもので、エレメントは使い捨てである。同時に、2次こし器の逆洗油に含まれるFCC触媒粒子を燃料油セッティングタンクへ戻すラインにも2次こし器相当のメッシュの吸着式こし器も装備している。

