

ディーゼル機関の原油使用の研究 (第1報)

瀬尾正雄* 稲見信雄* 井ノ内一雄* 渡辺和夫*
大竹和夫* 加藤 寛*

Study on the Availability of Crude Oil in Diesel Engines (1st Report)

By

Masao Seo, Nobuo Inami, Kazuo Inouchi, Kazuo Watanabe,
Kazuo Otake and Hiroshi Kato

At present, it is very common for large marine diesel engines to use bunker oil as fuel in order to reduce fuel cost. To be more economically, if crude oil could be used instead of bunker oil, the saving in fuel cost of as much as 50 percent would be obtained. In this point of view, combustion experiments on the availability of crude oil as fuel have been carried out using test engines. According to experimental results, it seems possible to use crude oil as fuel without any modification of a ship hull or machinery apparatuses. Results obtained are as follows;

1. The combustion of crude oil generally showed good results. Ignitability, fuel consumption and knocking performance of crude oil were similar to those of diesel fuel.
2. The rate of corrosion of the cylinder liner yielded by using crude oil was slightly more than that using bunker oil which contained the same percentage of sulphur.
3. During the test, gases produced from the volatile matter in crude oil around the engine were inspected, however, they were always assured to be safe.
4. At lower temperatures, paraffinic wax was educed at the bottom of the fuel tank, but it did not appear to be harmful to practical operations.

1. 緒 言

最近、海運造船界では「大形油槽船の輸送原価30%低減方策」についての問題を取り上げ、船価低減と新輸送方式の二つに分類して調査研究を進めている。その調査研究の一つとして、タービン船の燃料経済を向上させるため、重油より安い原油を用いる研究が行なわれている。しかし船舶においては各国の船級協会の規則で安全性の見地からボイラ用燃料として引火点の低いものを使用することは禁止されている。例えばA B協会は引火点 49°C 以下の燃料の使用を禁止しており、LR協会も引火点が 54.5°C 以下のものを禁止している。国内においても運輸省の船舶機関規則および

* 機関性能部

日本海事協会(NK)の昭和34年度版鋼船規則でA B協会と同様に、引火点 49°C 以下のボイラ用燃料油の使用を禁止している。なおNKでは昭和35年度版以降の鋼船規則からその条項を削除し、禁止の精神のみが存続している。このような事情があるので、現在行なっている原油焚きの調査研究においては、船内に簡単なトッピング装置を設備し、原油より低沸点留分を取除いてからボイラ燃料に用いる方式の研究が進められている。現在の規則がある以上やむをえないと思うが、折角安い価格の原油に着目し、運航経費の節減を図ろうとしてもその効果は少くなる。しかしディーゼル機関の燃料には前記の規制はない。そこでもしディーゼル機関に原油の生焚きができれば、タービン船のような設備を必要とせず運航費の節減は更に大となる。い

ま船舶で使用されているA重油は約11,290円/k_lであり、C重油は7,390円/k_lである。これに比べ原油は約3,500円/k_lであるから燃料費は半分以下になる。ディーゼル機関を使用している大形油槽船の燃料消費量は4万屯級で年間約16,000 k_l、2万屯級で約9,000 k_lであるから、原油を使用すれば1隻当り5,000万円および3,000万円以上の燃料費の節約になる。それゆえディーゼル機関の油槽船のみに使用するとしても、60隻以上あるから年間の運搬費の節約は約20億円となり海運界に益するところ大であると考え早急に実験に着手した。実験はディーゼル機関における原油の燃焼性能と機関の腐食摩耗、ならびに安全性について行なつた。実験の結果は原油の燃焼性は良好で、現装置をほとんど改変することなく、使用可能であると思われる。腐食摩耗は原油中の主として硫黄分によつてきまるが、性状がA重油に似ているので現在の船舶で使用しているC重油の場合より良好と思われる。また安全性の問題についても予想外に良好であつたが、小規模な実験であつたので今後さらに広範囲な実験を行なう予定である。以上は何分実験期間が短かく、実験施設も実船とはかなり相異はあるが大体の結論を得たので報告する。

2. 原油性状の調査

ディーゼル機関の燃料として原油がそのまま使用できることは運航費節減のため望ましいことである。そこで現在わが国に輸入されている原油の性状について調査を行なつた。原油の種類は多数あるので調査は比較的輸入量の多い中東地域のものについて行ない、ディーゼル機関用燃料としての使用の可能性を検討した。調査した原油の種類および性状は表1および図1に示す通りで、これより個々の性状について検討を加えると次のことがいえる。

1) 比重および粘度 大体A重油程度のものが多く一部にB重油程度のものもある。したがつて現在の大型ディーゼル機関に用いられているC重油に比べると、噴霧は良好となり、油管での流動抵抗が小さく移送が容易で加熱の必要もなくなる。

2) ロウ分 原油の種類によりロウ分に相異がある。中東地域の原油は中間基が多く、南方産のパラフィン基のものに比べるとロウ分は少ない。ロウ分は温度が下ると油中より折出し結晶状態になり、管内の流動を悪くし、また燃料ポンプの弁を膠着させ害を与えることがある。しかし油槽船は気温の高い地域の航海

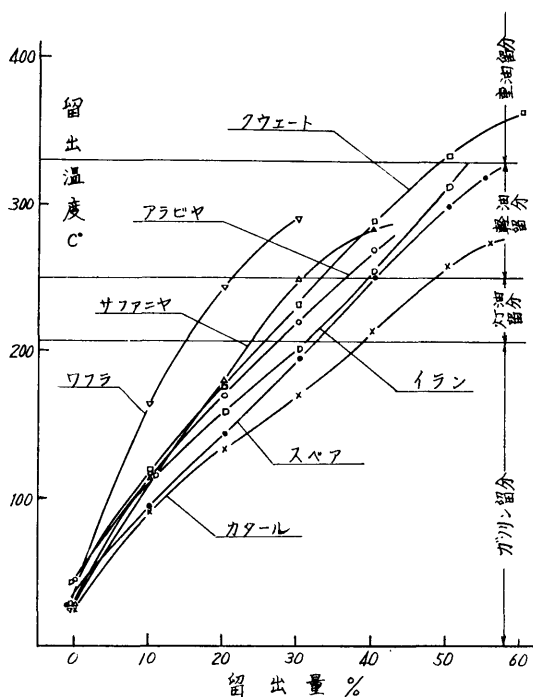


図1 中東地区原油の分留性状

が多いので問題はないと思う。

3) 硫黄分 硫黄の害は周知の通り、シリンダライナにおよぼす腐食摩耗と燃焼堆積物を硬くして機械的摩耗を増加させることである。中東原油中の硫黄含有量は1~3%程度で他の地域の原油よりは多いがC重油よりは少ない。シリンダライナの摩耗は前記の二つが主な因子であるが、原油の一般性状はA重油と同程度であるから、C重油に比べて燃焼堆積物や摩耗は少なくなるであろう。

4) 残留炭素分 平均してC重油より少ない。多いもの(サファニヤおよびワフラ原油)でもC重油と同程度であるから、燃焼堆積物におよぼす影響は少ないと思う。

5) ガソリン等の軽質分

ガソリン等の軽質分については原油の種類により大きな差異がある。特にガソリンはディーゼル機関の燃料としては好ましくないので、この点十分実験を行ない、燃焼性におよぼす影響を調べる必要がある。

6) セタン価 セタン価は原油中の軽油分についての値であるが、かなり高い値であり、ディーゼル燃料としては好都合である。

以上は表の数値より見てディーゼル機関に原油を使

表1 中東地域原油の性状

原油名	アラビヤ	サファニア	カタール	ワフラ	クウェート	ズベア	イラン
比重 15/4°C	0.8507	0.8886	0.820	0.915	0.8683	0.848~ 0.850	0.854
API度	34.8	27.7	41.0	23.2	31.38	34.3~ 35.3	34.1
引火点 °C	—	—	-40以下	—	15以下	—	—
粘度 RW No. 1 sec							
at 30°C	42.4	—	34.3	250	58	47前後	42.8
at 50°C	—	66.0	31.1	100	46	39 "	—
蒸気圧リード kg/cm ²	—	0.47	0.66 (37.8°C)	—	0.5 (40°C)	—	0.39 (40°C)
流動点 °C	-25	-40	-27.5	-20	-45	-15以下	-20
ロウ分 wt%	2.8	1.9	2.85	4.8	2.8	3.1~ 3.2	6.0
硫黄分 "	1.68	2.95	1.07	3.3	2.52	1.9~ 2.0	1.36
灰分 "	—	0.01	コン跡	コン跡	0.018	—	0.005
残炭 "	3.6	8.5	1.52	7.0	4.30	—	3.7
泥水分 Vol%	コン跡	0.05以下	コン跡	0.1	コン跡	コン跡	コン跡
分留性状 °C							
初留	45	30	26	26	28	27	44
10 %	118	114	91.5	163	121	95	115
20 "	170	182	134	244	177	147	158
30 "	220	249	171	290	233	197	202
40 "	270	285	215	—	289	252	255
50 "	—	—	259	—	334	300	313
60 "	—	—	275.0 (55.9%)	—	364	320 (55%)	—
得率 Vol%							
ガソリン留分	27	18	38	14	24	29	29
灯油留分	10	10	12	8	9	10	9
軽油留分	20	14	10	13	16	28	15
残渣油	43	58	40	65	51	33	47
ガソリンオクタン価							
単味(モーター法)	37	28	40	59	40.6	50前後	50
加鉛(3cc/ガロン)	60	57	60	76	65.2	70~75	67
軽油セタン価	57	55.5	60	57	61	—	55

用する場合に影響があると考えられる諸点であつて、このうちガソリン等の低沸点留分の影響が最も問題であらう。

3. 燃焼性能試験

3-1 試験方法

原油をディーゼル機関の燃料として用いる場合、原油に含まれているガソリン分が機関の点火性、耐爆性および燃焼性能におよぼす影響は、いまだ調査されていない。筆者等はこの点の調査が原油を使用する場合の重要な問題と考え、まず第1次予備試験として実験用単筒小形4サイクルディーゼル機関 4PS×750r.p.m (予燃焼方式機関)を用い、B重油にガソリンを10 Vol% および 20Vol% 混合した燃料を試用し、その燃焼状況を観察した。また、第2次予備試験として、

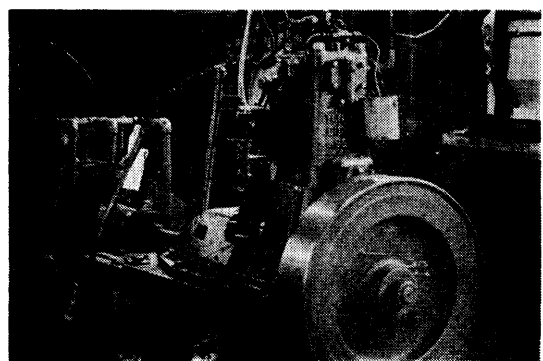
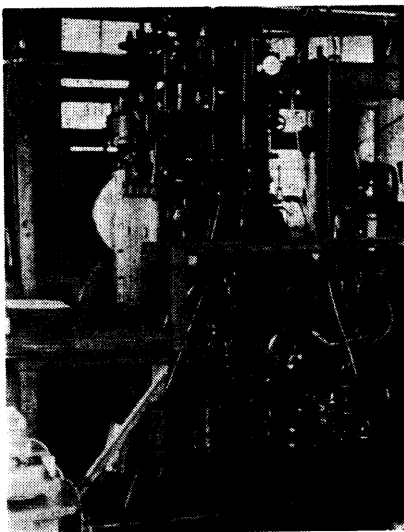
さらに実験用単筒中形4サイクルディーゼル機関 80 PS×500r.p.m. (直接噴射方式)を用い、燃焼方式による差を調べた。試験油はC重油と軽油を混合したものにガソリンを10~20 Vol% 混合して用いた。2回の予備試験でガソリンが20%程度混合しても燃焼性能に影響のないことが判つたので、本試験を行なうことにした。

3-2 試験用燃料油

第1次予備試験の試験油には特に性状を調べず、手持ちのB重油とガソリン(加鉛のもの)を使用した。第2次予備試験の試験油も手持ちのA重油、C重油、軽油およびガソリン(加鉛のもの)を使用した。性状は基油の比重、混合油の比重および粘度程度で詳細な分析試験は行なっていないが、その性状を表2に示す。本試験の試験油には合成原油(C重油、軽油、灯油お

表2 第2次予備試験用燃料

試験油名		P.G. 10	P.G. 20	A重油
成分	混合油 ガソリン	90%	80%	—
		10%	20%	—
比重	15/4°C	0.8894	0.8660	0.8878
粘度 (RW No.1) Sec at 21°C		124.4	57.2	59.3
備考		1) 混合油 = C重油 5 : 軽油 3 (比重15/4°C) (比重15/4°C) (比重15/4°C) (0.925) (0.957) (0.828)		
		2) ガソリン(加鉛) 比重 15/4°C 0.745		



↑ 図2 実験用小形ディーゼル機関 (ヤンマ SS-4)

← 図3 実験用中形ディーゼル機関 (新三菱神戸 JBA1 27.5/40)

表 3 本試験用合成原油の基油およびクウェート原油等の性状

油 種	合 成 原 油 の 基 油				A 重 油	クウェート原油		
	C 重 油	軽 油	灯 油	ガソリン				
比 重	15/4°C	0.9461	0.8266	0.7817	0.6914	0.8778	0.8693	
引 火 点	°C	90	73	46	—	71	—	
粘 度	cSt { at 30°C	—	3.011	—	—	—	—	
		at 50°C	119.2	—	—	—	2.87	—
流 動 点	°C	-7.5	<-20	—	—	<-20	—	
硫 黄 分	wt%	3.47	0.35	0.00	—	0.96	2.61	
灰 分	"	0.02	—	—	—	0.00	—	
残 炭	"	8.41	*0.01	—	—	1.30	—	
水 分	Vol%	0.0	—	—	—	0.0	0.0	
泥 水 分	"	—	—	—	—	—	0.01	
塩 分	ポンド/1000バレル	—	—	—	—	—	2.0	
分 留 性 状	初 留	°C	—	182	162	46	—	23
	5 %	"	—	—	166	59	—	76
	10 %	"	—	215	168	62	—	112
	20 %	"	—	—	—	—	—	169
	30 %	"	—	—	—	—	—	230
	40 %	"	—	—	—	—	—	285 cut
	50 %	"	—	256	174	80	—	—
	90 %	"	—	312	199	112	—	—
	95 %	"	—	338	212	126	—	—
	97 %	"	—	—	220	142	—	—
終 点	°C	—	377	230	162	—	—	
留 出 量	Vol%	—	98.5	98.5	98.0	—	—	
残 油 量	Vol%	—	1.0	1.0	1.0	—	—	
セ タ ン 価		—	55	—	—	—	—	
備 考		*印 10%残油の残留炭素分を示す。						

よびガソリンを混合し合成したもの)とクウェート原油とし、比較にA重油を用いた。それらの性状を表3に示す。合成原油は中東原油の調査結果を参考とし、成分は大体の平均をとり、C重油：軽油：灯油を容量で5：2：1として混合油を作り、それにガソリンを10、20、30および40Vol%混合した4種類を用いた。その性状を表4に示す。

3-3 試験装置

試験に用いた実験用ディーゼル機関2基の主要目および外観を表5、および図2～3に示す。第1次予備

試験には小形単筒4サイクルディーゼル機関(ヤマ SS4)を使用し、第2次予備試験および本試験には中形単筒4サイクルディーゼル機関(新三菱神戸 JB1A 27.5/40)を使用した。なお本試験の場合に使用した計測器具および計測位置は図4に示す通りである。出力計測にはフルード式水動力計と回転計、燃料計測には100kg台秤と秒時計を用い、冷却水温度および潤滑油温度の計測は機関付属の棒状アルコール温度計(100°C)を使用し、排気温度の計測には電子管式熱電温度記録計(横河電機製ER-22)を使用した。また

表 4 本試験用合成原油

試験油名	G 10	G 20	G 30	G 40
成分	混合油	90%	80%	70%
	ガソリン	10%	20%	30%
比重 15/4°C	0.885	0.874	0.857	0.835
粘度 (RW No.1) Sec at 17°C	140.5	89.4	54.8	42.4
備考	1) 混合油 = C重油 5 : 軽油 2 : 灯油 1 (比重15/4°C) (比重15/4°C) (比重15/4°C) (比重15/4°C) (0.895) (0.9461) (0.8266) (0.7817)			
	2) 混合油粘度 (RW No.1) Sec at 17°C 271.6			
	3) ガソリン (無鉛) 比重 15/4°C 0.6914			

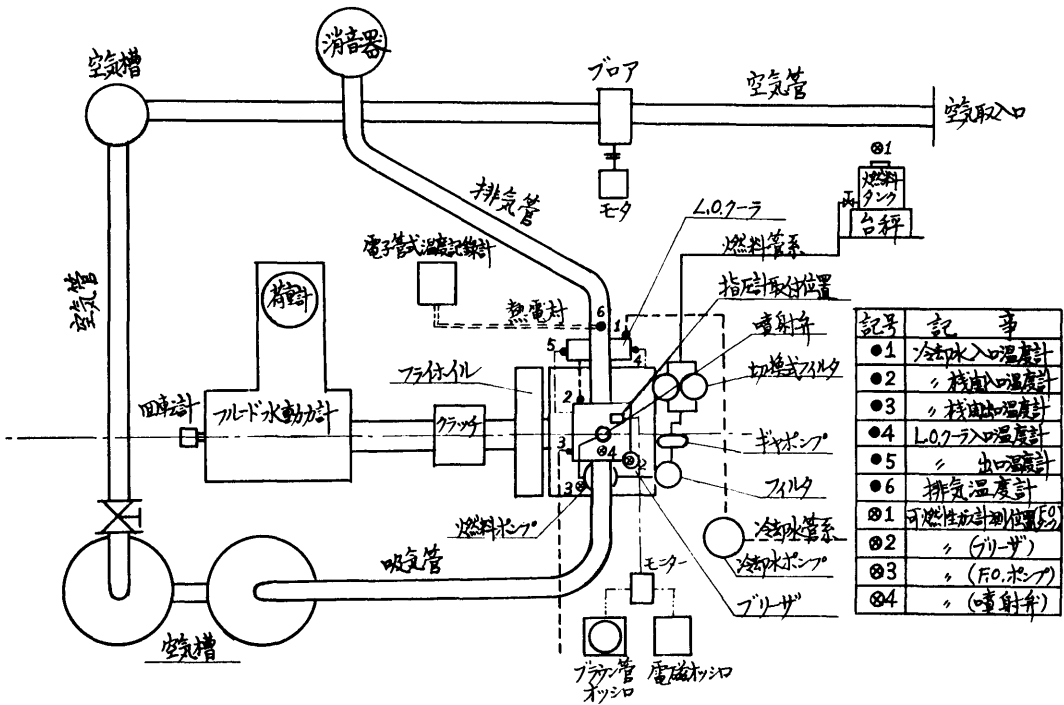


図 4 燃焼試験装置概要図 (新三菱神戸 JB1A 27.5/40)

燃焼圧力波形の計測には抵抗線式エンジン指圧計 (共和電業製 PHF 7T およびモニター PM-10N), 二現象ブラウン管オシログラフ (日本光電製 VC-5) および電磁オシログラフ (三栄測器製 100-A) を使用した。

3-4 試験の種類

第1次予備試験はガソリンの混合によるノッキング発生の有無を調べるため, 運転条件を無負荷および全

負荷とし, 燃料噴射時期を B.T.C. 5~17° に変化させて行なった。第2次予備試験および本試験は燃焼性能を詳細に調べるために行なったもので, それぞれの運転条件は表6に示す通りである。

3-5 燃焼性能試験結果

3-5.1 第1次予備試験

初め, 機関をA重油で始動し, 無負荷において徐々にガソリン 10 Vol% 混合重油に切換えてノッキング

表 5 実験機関要目表

名 称	新三菱神戸 JB1A 27.5/40	ヤンマー SS4
形 式	4 サイクル単動立形無気噴油式	4 サイクル単動立形無気噴油式
連続最大出力×毎分回転数	80 PS×500 r.p.m.	4 PS×750 r.p.m.
シリンダ数×径	1×275 mm	1×95 mm
ピストン行程	400 mm	150 mm
燃 焼 方 式	直接燃焼式	予燃焼室式
注油および冷却方式	強制循環式 強制水冷式	強制循環式 強制水冷式
燃 料 噴 射 弁	高圧密閉多孔式	高圧密閉ピストル式
孔径×数×噴射圧力	0.35 mm×6×250 kg/cm ²	0.25 mm×1×150 kg/cm ²
吸 気 弁	開 B.T.C. 22° 閉 A.B.C. 43°	10° 20°
排 気 弁	開 B.B.C. 41° 閉 A.T.C. 14°	45° 18°
上 死 点 ス キ マ	5.8 mm	5.0 mm
正味平均有効圧力	6.07 kg/cm ²	4.52 kg/cm ²

表 6 燃 焼 性 能 試 験 の 条 件

試験種類	試験油名	試 験 条 件			
第1次予備 燃焼性能試験	P. G 10	耐爆性試験	無負荷	全負荷	燃料噴射時期 5°~17°
	P. G 20	"	"	"	" " "
第2次予備 燃焼性能試験	A 重油	船用特性試験	燃料噴射時期	B.T.C.	10°, 13°, 16°
	P. G 10	"	"	"	" " " "
燃焼性能試験	P. G 20	"	"	"	" " " "
	A 重油	船用特性試験	燃料噴射時期	B.T.C.	10°, 13°, 16°
	G 10	"	"	"	13°
	G 20	"	"	"	13°
	G 30	"	"	"	10°, 13°, 16°
	G 40	"	"	"	" " " "
	クゥエート原油	"	"	"	" " " "

発生の有無を調べたが、燃焼は良好でノッキングの発生はなかつた。そこで全負荷に調整して燃料噴射時期を B.T.C. 5~17° に変化させて見たが運転状況は静粛であつた。次に試験油をガソリン 20 Vol% 混合重油に取り換え、そのまま始動を行なつたが、始動状況は普通であつた。その後無負荷および全負荷とも燃

料噴射時期を前回と同様に B.T.C. 5~17° に変化させて観察したが燃焼は良好で異常はなかつた。その間全負荷の排気温度は 365~390°C で排気色はいずれも無色であつた。この試験でガソリン分 20 Vol% 程度まで混合した重油の始動および燃焼が大体可能であることが確認できた。

3-5.2 第2次予備試験

第1次予備試験で予燃焼方式ディーゼル機関における燃焼状況の確認はできたが、原油の燃焼は直接噴射方式のディーゼル機関を目標にしているため、燃焼方式の相異の影響を調べるため、試験油のガソリン分を前回と同様 20 Vol% までとし、比較にA重油を用いて船用特性試験を行ない燃焼性能を調べた。各試験油による燃焼性能を比較した場合、始動性はいずれも良好であり、燃費率、排気温度および燃焼最高圧力ともA重油と大差なく、ノッキングの傾向もなかつた。すなわちこの程度のガソリンを混合しても性能にはほとんど影響なく、また燃焼方式の相違の影響もないことがわかった。この試験における成績の一部を表7に示す。

表7 第2次予備燃焼性能試験成績

負荷 100%

項目	燃料噴射時期 B.T.C.°	A重油	P.G 10	P.G 20
毎分回転数 r.p.m.	10	500	500	503
	13	500	500	498
	16	500	500	503
出力 PS	10	80	80	80
	13	80	80	79.7
	16	79.7	80	80
燃料消費率 g/PS/h	10	189	191	188
	13	184	185	183
	16	178	178	182
排気温度 °C	10	514	521	515
	13	510	493	500
	16	483	472	480
燃焼最高圧力 kg/cm ²	10	48	47	49
	13	51	55	55
	16	57	59	56
冷却水温度 °C	10	40	39	37.5
	13	39	35	35
	16	37	36	37

註 P.G 10 はガソリン 10Vol% 混合重油
P.G 20 " 20 "

3-5.3 本試験

試験はA重油、合成原油 (G10, G20, G30, G40) およびクォート原油について、それぞれ表6に示す試験を行なった。その結果は図5~14に示す通りである。各試験油とも始動性は良好であり、運転状況は25%負荷において多少ノックの傾向(図9~14の燃焼指圧波形参照)が見られたが、50%負荷以上では消滅

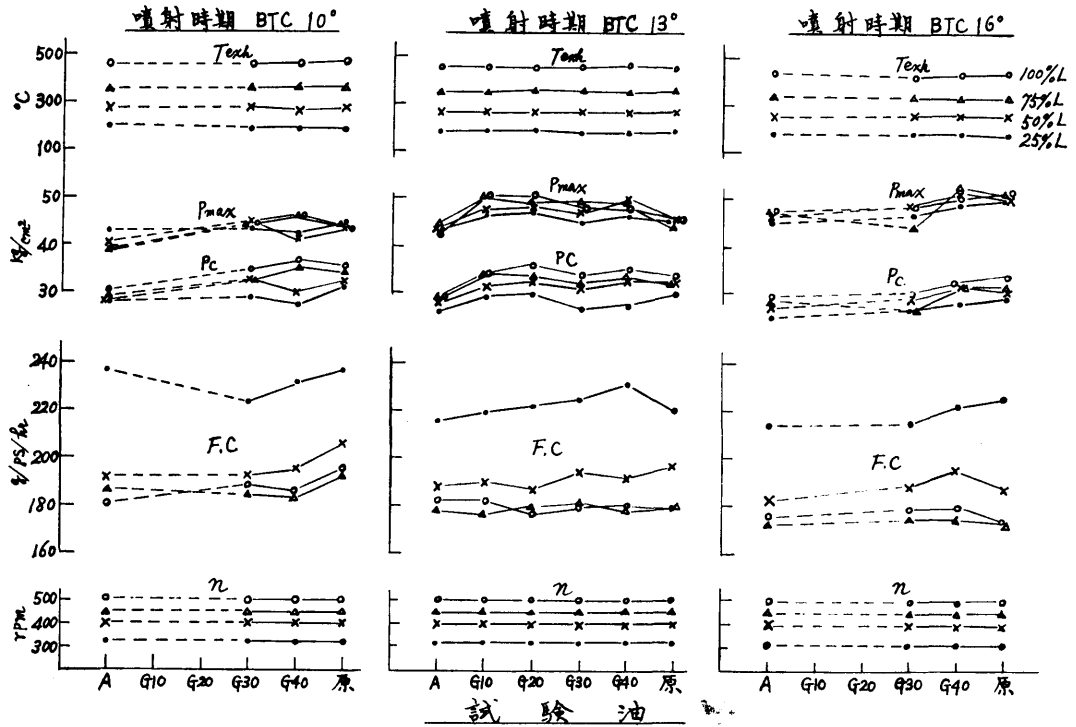


図5 燃焼性能試験成績

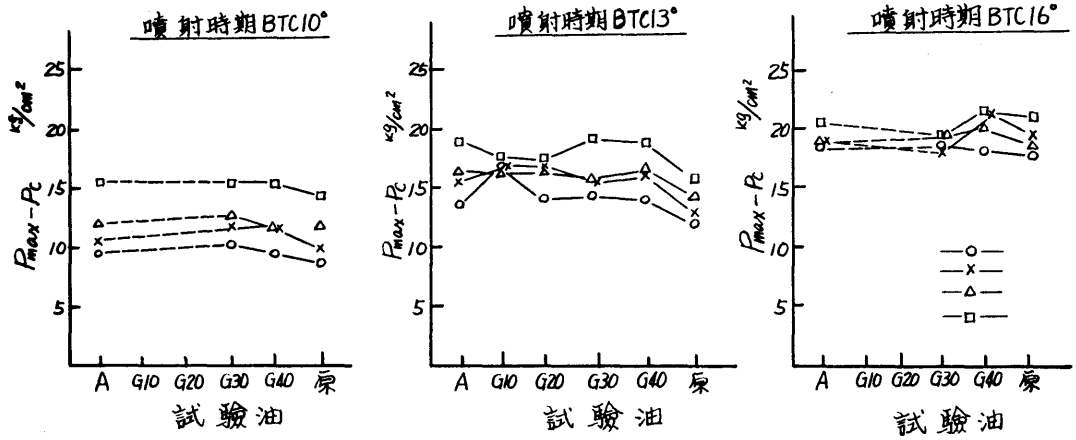


図6 燃烧压力上昇の比較

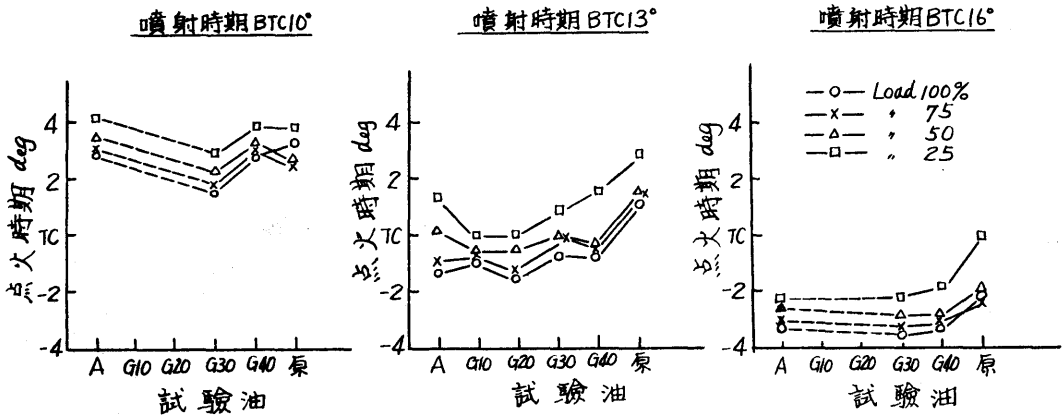


図7 点火時期の比較

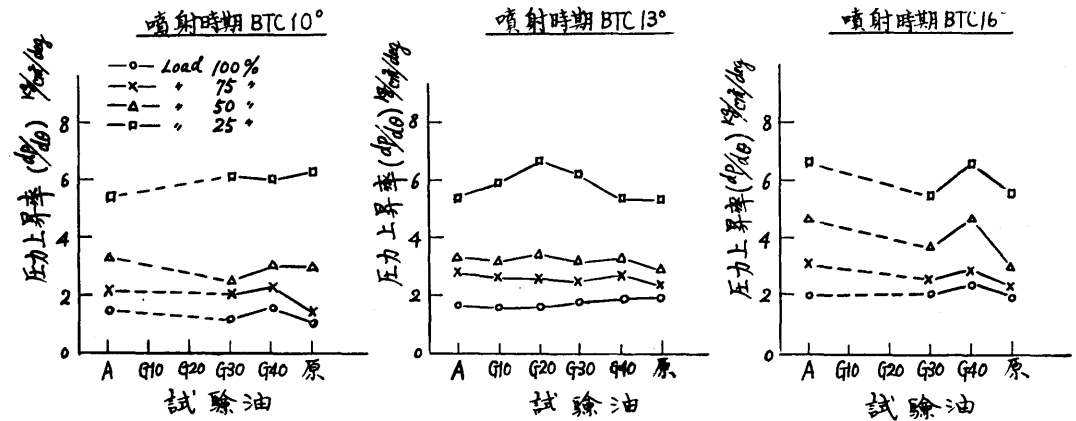


図8 圧力上昇率の比較

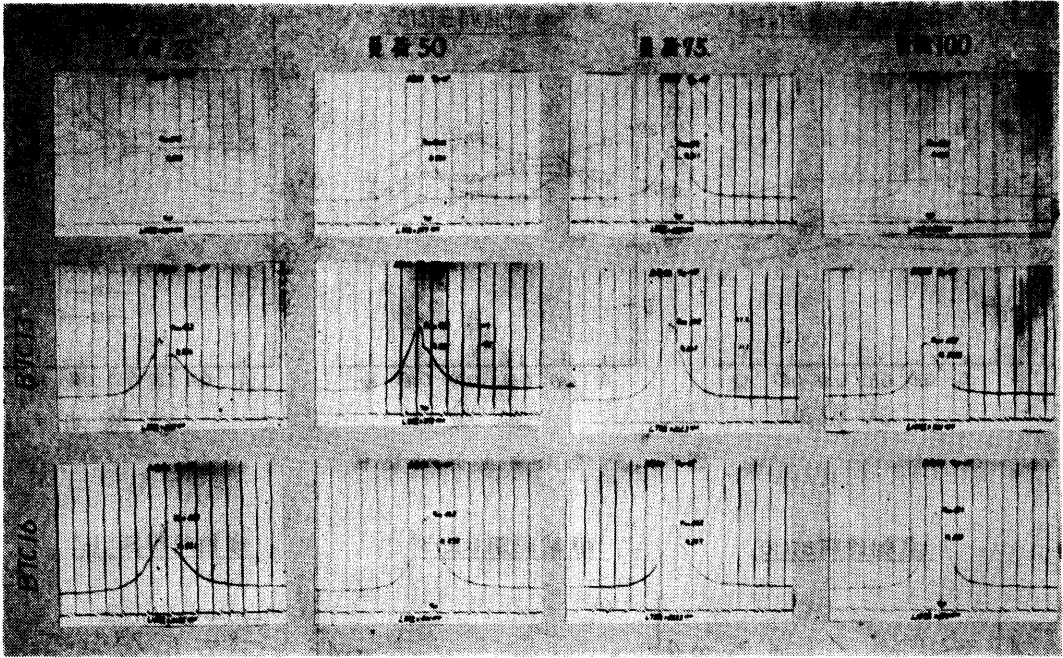


图 9 A 重油 燃烧指压波形

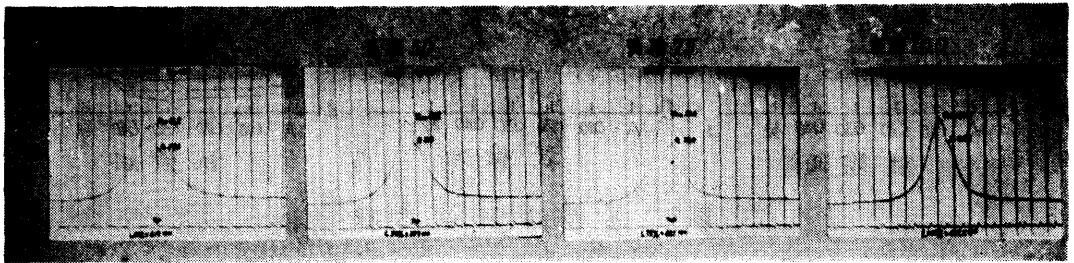


图 10 G 10 燃烧指压波形

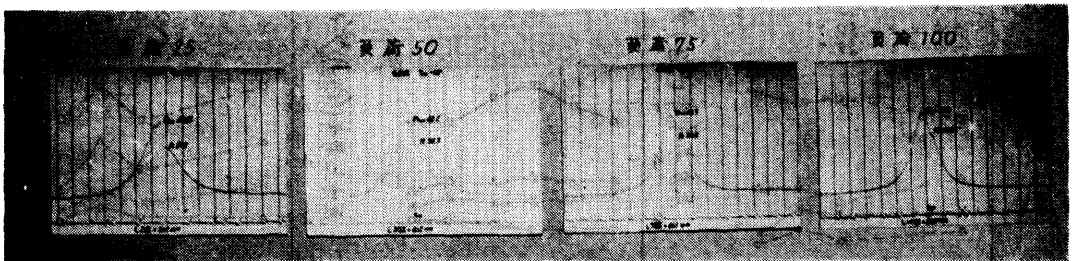


图 11 G 20 燃烧指压波形

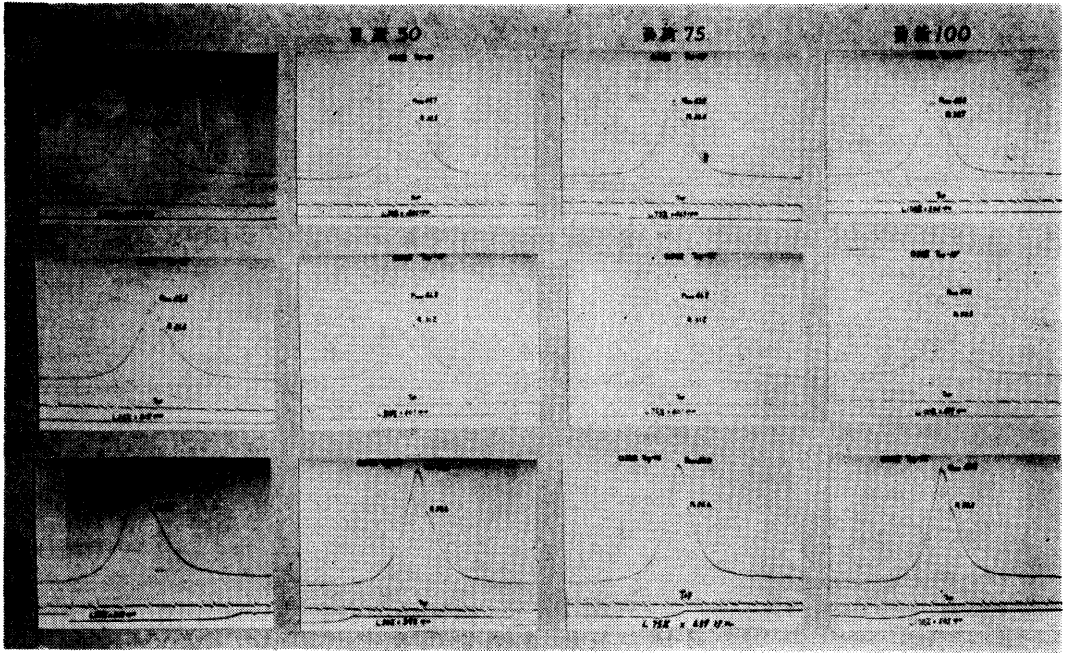


图 12 G 30 燃烧指压波·形

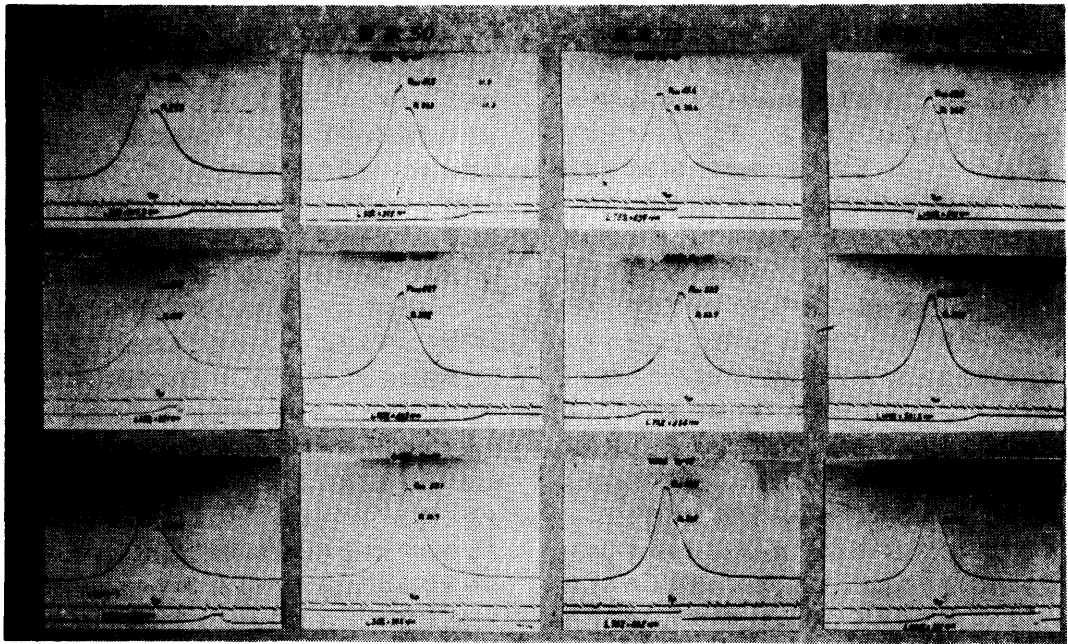


图 13 G 40 燃烧指压波形

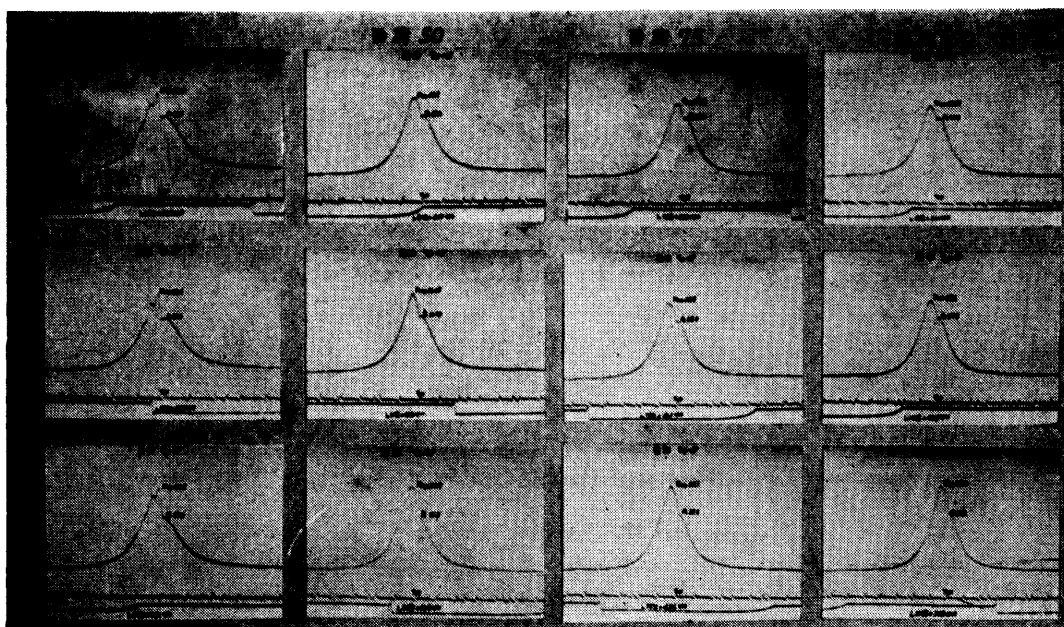


図 14 原油 燃焼指圧波形

し燃焼は良好であつた。これは機関が低温のための燃焼おくれが主因となり図 8 に示すように燃焼圧力上昇率 $dp/d\theta$ が高く、約 $6 \text{ kg/cm}^2/\text{deg}$ になつたためと思う。その傾向は A 重油にもあるので、合成原油およびクウェート原油に含まれているガソリン分の影響ではないと考えてよい。J. J. Broeze 氏²⁾も $dp/d\theta$ が $6\sim 6.7 \text{ kg/cm}^2/\text{deg}$ を超えると著しいノックを発生すると述べている。各試験油の燃費率は図 5 に示す通りで、A 重油と各合成原油とでは差異はなかつたが、クウェート原油のみ燃料噴射時期 B.T.C. 10° で約 10 g/PS/hr 増加していた。この原因はクウェート原油の物理的性状（噴射時における霧化）および化学的性状（点火遅れ、燃焼圧力の低下、燃焼生成物の阻害等）が問題と思う。そこで燃焼指圧波形により燃焼圧力 $P_{max}-P_e$ および点火時期、また燃料噴射弁に堆積した燃焼生成物の状況を調べたが、はつきりした傾向は認められない。しかし燃焼圧力は多少低く、点火遅れも多少差があるのでこれらが影響したと思う。また試験時の気温が低かつたため燃料タンク中にロウ分の折出が見られた。これが噴霧に影響したとも考えられる。燃焼最高圧力 P_{max} は図 5 に示す通り、各試験油でやや差を示した。しかし P_{max} は燃料の種類や圧縮圧力 P_e にも関係する。この試験における P_e は同一条件でもかなり差異があるので、燃焼圧力上昇値

により試験油の影響を比較することとし $P_{max}-P_e$ を求めた。その結果は図 6 に示す通りで、各試験油とも大差なかつた。燃焼指圧波形は図 9~14 に示す通り、25% 負荷で 2 段燃焼があり、点火直後の圧力波形上昇率も著しく、明らかに燃焼の悪いことを示しているのでこれがノックの原因となつたものと思う。50% 負荷以上では頂部の波形は多少差異があるが、いずれも 2 段燃焼はなくなり良好な燃焼を示している。次に点火時期は図 7 に示す通りで A 重油および各合成原油の差はないが、クウェート原油のみ燃料噴射時期 B.T.C. 13° および 16° において約 $1\sim 2^\circ$ の遅れを示している。この点からしてクウェート原油を使用する時は噴射時期を多少進めることが必要であると考えられる。また燃焼堆積物についてはそれぞれの試験後に燃料噴射弁に付着したカーボンを観察した。その結果は図 15 に示す通りで A 重油の場合には僅かにスス状のものが先端および周辺に付着していたが、合成原油の場合はタール状のものが付着していた。しかしその量はガソリン分の増加とともに減少の傾向を示していた。クウェート原油の場合にはガソリン分 30 Vol% の合成原油と同じ程度の付着量であつたが、質は乾燥したやや硬いカーボンであつた。また合成原油による付着カーボンの傾向は試験油中に含まれている重質油の量に比例していた。

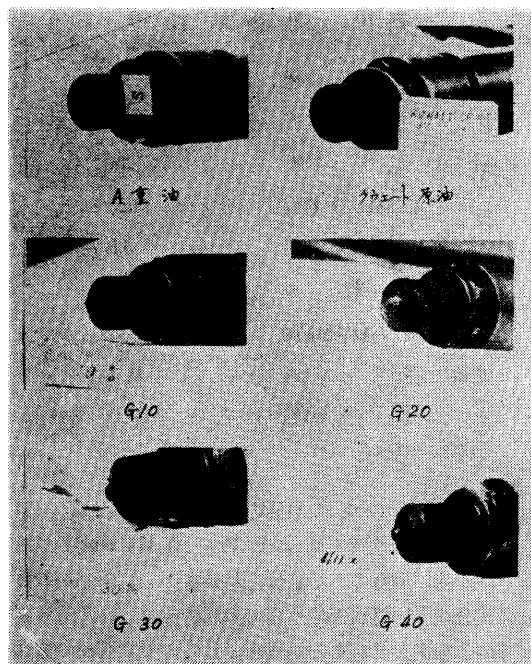


図 15 燃料噴射弁のカーボン付着状況

4. 腐食摩耗試験

中東地域の原油は他の地域の原油に比べ硫黄分が多い。機関の腐食摩耗は筆者等が先に行なった実験³⁾および他の報告^{4)・5)}でも硫黄分の影響の大きいことが明らかである。原油燃焼において原油中の硫黄分がどの程度影響するかを調査した。

4-1 試験方法

試験は表5に示した小形単筒4サイクルディーゼル機関(4PS×750 r.p.m.)を使用し、200時間の断続運転を行ない、その間50hr毎にシリンダ等の摩耗および汚損状況を調査した。試験は筆者等が先に行なった実験(ディーゼル機関におよぼす燃料中の硫黄分と潤滑油の影響について)の成績と比較するため、それと同一条件で行なった。まず試験用のシリンダ、ピストンおよびリングは新品を使用したため、初期摩耗の影響を除くために7hrののならし運転を行なつてから摩耗試験を行なった。のならし運転時間の7hrは図16に示す通りダイヤモンド圧痕式摩耗測定器を用い、シリンダライナの4カ所で10hrの摩耗を測定した結果、7hrで定常摩耗になることがわかつたので決定したものである。また原油燃焼による摩耗と比較した燃料は筆者等が先に報告した³⁾結果をもとにし、クウェー

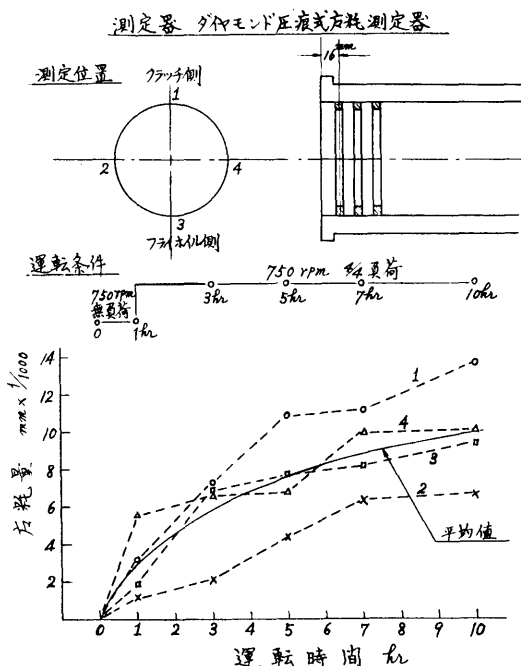


図 16 初期摩耗の実験

ト原油からの残渣油 10 Vol%と脱硫軽油 90 Vol%を混合して試作した油に硫黄分を変化させるために増硫剤(Ditertiary Butyl Disulfide)を添加したものである。試験油の性状は表8に、増硫剤の性状は表9に示す通りである。また使用した潤滑油の性状を表10に示す。

表 8 腐食摩耗試験用燃料油

油名	クウェート原油	試作 A 重油		
		S; 1.32	S; 3.10	S; 4.80
比重 15/4°C	0.8693	0.8346	0.8418	0.8455
引火点 °C	—	74	73	73
粘度 {at 50°C cSt	—	2.572	2.550	2.523
	—	1.288	1.260	1.223
残留炭素分 wt%	0.0	0.85	1.00	0.90
灰分 "	—	0.00	0.00	0.00
硫黄分 "	2.61	1.32	3.10	4.80
備考		基油 クウェート残渣油 10% Vol 脱硫軽油 90% Vol		

表 9 増 硫 剤

名 称	Ditertiary Butyl Disulfide
比 重 15/4°C	0.9305
引火点 °C	67
硫黄分 wt%	36.0
分留性状 初留 °C	194
終点 °C	221
留出量 Vol%	99

4-2 試験結果

原油運転の場合の腐食摩耗試験と燃料中の硫黄分の影響についての試験成績と比較すると図17に示す通りである。原油運転の腐食摩耗は硫黄分 3.1 wt% のA重油の摩耗とよく似ている。原油中の硫黄分は 2.61 wt% で前記のA重油より 0.49 wt% 少ないが、原油中には硫黄分以外にも腐食摩耗に影響する塩分やバナジウム等があり、その含有量に相違があるために摩耗が大になつたものであろう。また原油使用によるピストン、ピストンリング溝およびリングの汚損も前記A重油（硫黄分 3.1 wt% のもの）より僅か多い程度であり、潤滑油の 200 hr 後の汚れを比較すると表 11 の通りでA重油（硫黄分 3.1 wt% のもの）の場合に酸価の上昇は 6.31 KOHmg/g、沈でん価 1.9、鉄分

表 10 潤 滑 油 性 状

品 種	SAE 30
比 重 15/4°C	0.8895
引 火 点 °C	238
粘 度 { at 37.8°C	127.8
cSt { at 98.9°C	11.79
粘 度 指 数	86
全 酸 価 KOHmg/g	0.89
残留炭素分 wt%	0.25
灰 分 wt%	0.06

0.393 wt% に対し、原油の場合は酸価の上昇 5.31 KOHmg/g、沈でん価 3.3、鉄分 0.474 wt% であり、原油の場合の方が多少汚れが多い。しかし一般に硫黄分の多い燃料を使う場合の潤滑油は、通常清浄剤等の添加剤を含むものが使用されるので潤滑油の種類によつては解決できる問題である。また燃料噴射弁の汚れおよびシリンダライナの表面は図18に示す通りであり、付着カーボンは燃焼性能試験の場合と同様やや硬質のものであつた。シリンダライナ表面の腐食状況は硫黄分 3.1 wt% のA重油の場合と大差なかつた。また試験中に燃料タンクの底部にスラッジのようなも

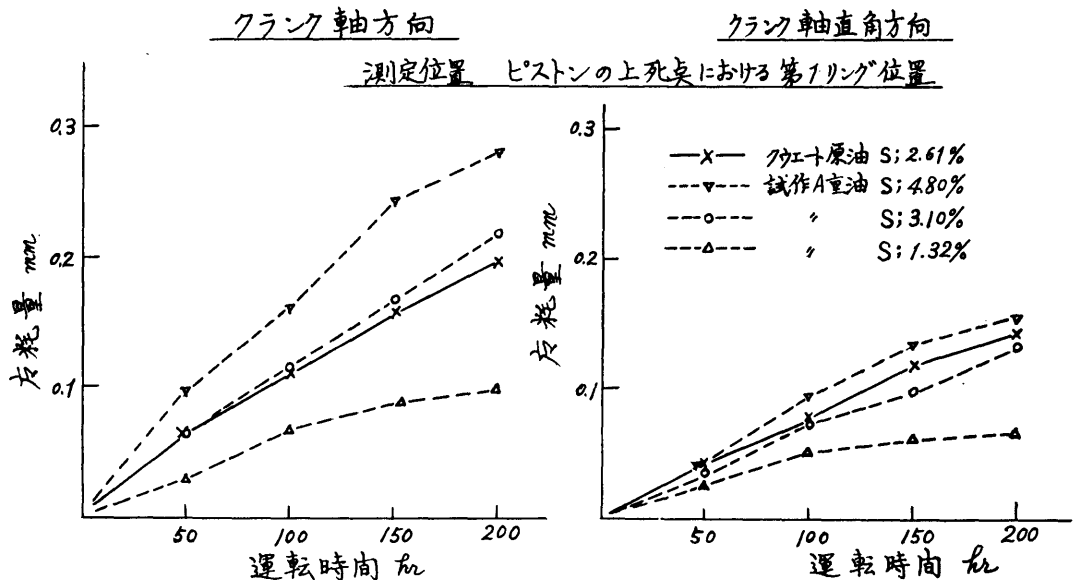


図 17 原油運転等によるシリンダの摩耗

表 11 使用潤滑油の劣化

試験燃料油	クウェート原油	試作 A 重油		
		S; 1.32	S; 3.10	S; 4.80
酸価の上昇 KOHmg/g	5.31	1.91	6.31	5.31
沈でん価	3.3	0.9	1.9	1.6
鉄分	0.474	0.097	0.393	0.334
備考	使用時間	200 hr		

が多く沈でんしているのを認めたので、その成分を調査した。まず沈でん物を試験管にとり、温水中に浸したところ約 50°C で沈でん物は流動し、さらに温度を上げたところ完全に溶けて液状となった。次に温度を下げて見たところ約 45°C で流動性を失った。この結果から見て沈でん物の大半はロウ分と考えた。普通ロウの融点は 45~65°C で比重が約 0.9 である。原油の比重は 0.8693 であつたから試験時の気温が低いために沈でんしたものと思う。その沈でん物中の不純物を調べるため、ベンゾールで洗滌し、さらに残つた物を焼いて灰分を調べたところ、ベンゾール不溶解分（固形不純物）は 11.3 wt%，燃焼後の灰分は 0.09 wt% であり、金属性のものは少なく、分離せずそのまま機関に使用しても差つかえないと考えた。

5. 安全性試験

原油からは常に可燃性ガスが発生しているので機関用燃料として使用する場合に燃料タンクの開放および燃料油管系からの漏洩がないよう十分注意が必要であるが、万一多少漏洩した場合の安全対策としてその性質をよく知っておく必要がある。また原油で機関の運転を行なう場合、機関室の特に機関周辺における可燃性ガスの漏洩を検知し、常に安全な状態で運転ができるようにしておく必要がある。それゆえ原油からの可燃性ガスの蒸発試験と原油運転中の機関周辺における可燃性ガスの検知試験ならびに一定容積中における原油の量、蒸発面積および温度による可燃性ガスの発生状況を調べた。

5-1 試験方法

5-1.1 蒸発試験

蒸発試験は口径 28 cm² のピーカを使用し、クウェート原油、合成原油 G 30（ガソリン分 30 Vol% のもの）および A 重油を試験油として、蒸発におよぼす時間と温度の影響を調べた。

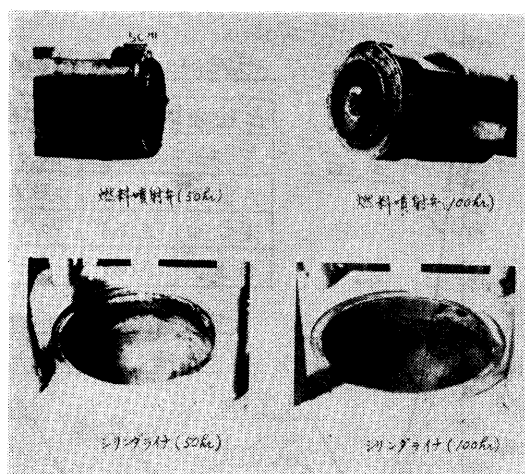


図 18 燃料噴射弁およびシリンダライナの汚れ

5-1.2 原油運転中の機関周辺における可燃性ガス検知試験

試験は図 4 に示した通り、燃料タンクの上部（給油穴）および機関周辺の 3ヶ所において、燃焼性能試験を行なつた全試験油について測定した。使用した検知器¹⁰⁾は空气中に漏洩した可燃性ガスを特殊な活性触媒を用いて接触燃焼させ、その温度上昇を電氣的にメータに指示させるものである。メータの指数はガスの爆発下限界を 100 とした危険度を目盛したものである。

5-1.3 一定容積内における可燃性ガスの濃度測定試験

試験は原油を一定容器中に流し、原油から蒸発する可燃性ガスの濃度を調べた。容器は石油缶（19.6 l）を使用し、条件はそれぞれ油量を 200~1500 cc、蒸発表面積を 143~616 cm² および油温を 3~30°C に変えて行なつた。また比較のためにガソリンの場合も行なつた。なお測定器は前記の検知器を用いた。

5-2 試験結果

5-2.1 蒸発試験

図 19 の左図は各時間内の蒸発量を示す。常温（12~15°C）における蒸発量（単位時間、単位面積当り）は A 重油および混合油（混合比は表 4 に示す）で 4g/m²/hr 程度で極く少量であり、時間による蒸発の変化はほとんどない。それに比べ原油および合成原油 G 30 は 0~2 hr までに著しく蒸発し、原油で 122.5g/m²/hr、合成原油で 68.5g/m²/hr であつた。その後急激に減少し、2~20hr の間では原油が 27g/m²/hr、合成原油は 29.5g/m²/hr となり、20~68 hr の間で

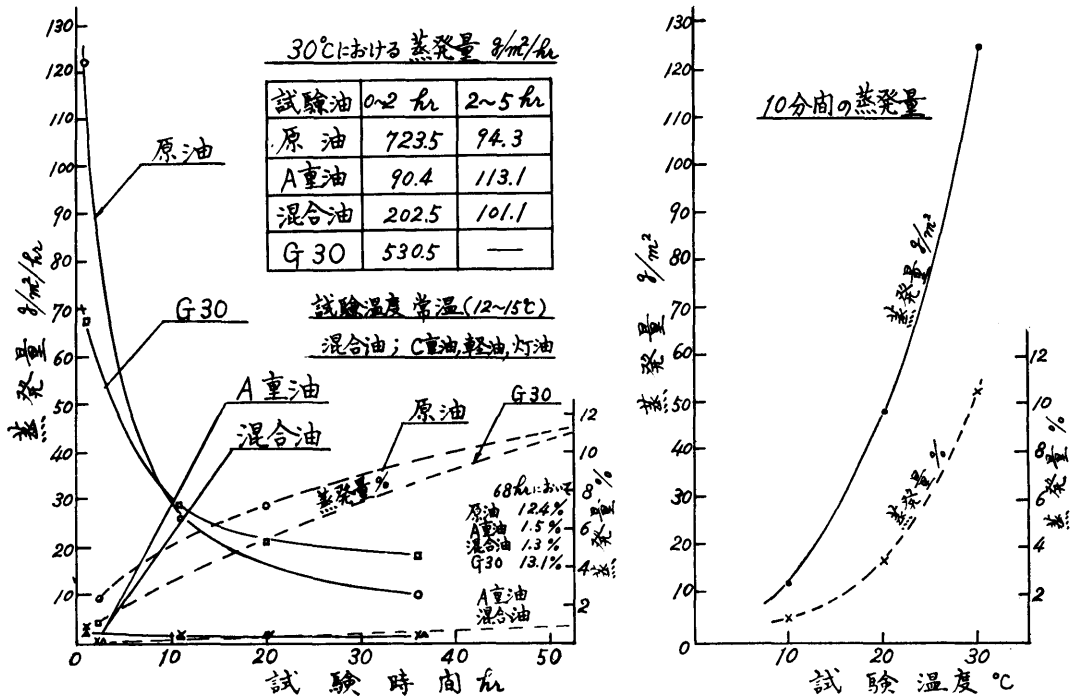


図19 原油等の蒸発量

は原油が 11 g/m²/hr, 合成原油 19 g/m²/hr となっている。両者の蒸発量を見ると最初の間は原油の蒸発が多いが、時間の経過とともに逆に合成原油が多くなっている。これは原油中にガソリン分より低沸点の成分が含まれていることを示している。30°C における蒸発量は図19中の表に示す通りである。また原油中の低沸点成分は短時間に蒸発し、その量は温度の影響が大きい。そこで温度10, 20および30°C における短時間の蒸発量を調べた。しかし極く短時間では誤差が大きくなるので試験時間を10分間とした。結果は図19の右図に示す通りで、蒸発量は温度の上昇により著しく増加している。いま10°C の場合を1とすれば20°C は3.84倍, 30°C は10倍となっている。

5-2.2 原油運転中の機関周辺における可燃性ガス検知試験

試験の結果を図20に示す。機関周辺(3ヶ所)では各試験油の場合とも常温でメータ示度が5~6で安全範囲であつた。燃料タンク上の燃料給油穴ではA重油および合成原油G10, G20のいずれもメータ示度が9~10で安全範囲であつたが、G30になると前者より気温が低いにもかかわらずメータ示度は30の注意範囲と

なり、G40になると60の危険範囲を示していた。またクウエート原油の場合は気温6°C の低温であつたがメータ示度は92の危険範囲の上部を示し、全試験油中

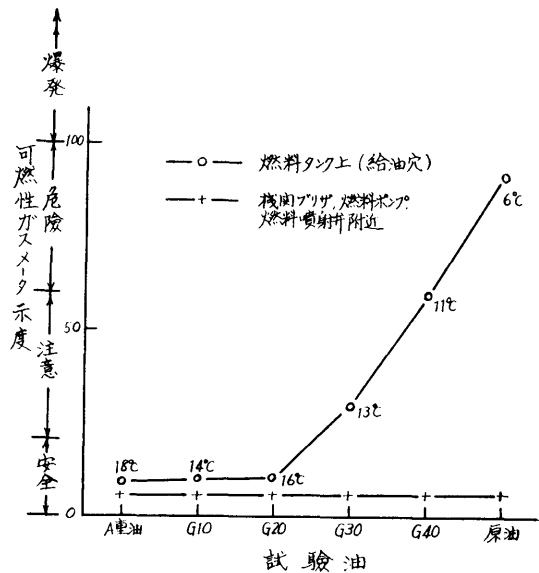


図20 機関運転中のガス濃度

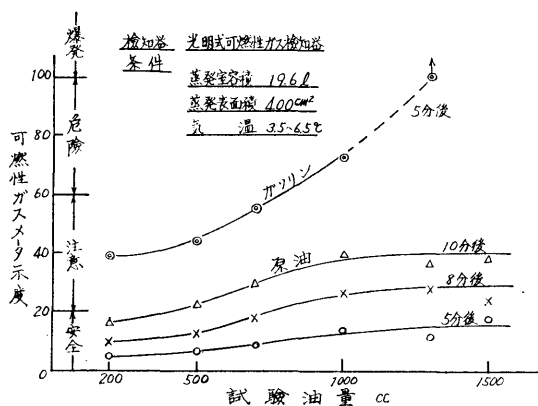


図 21 試験油量とガス濃度

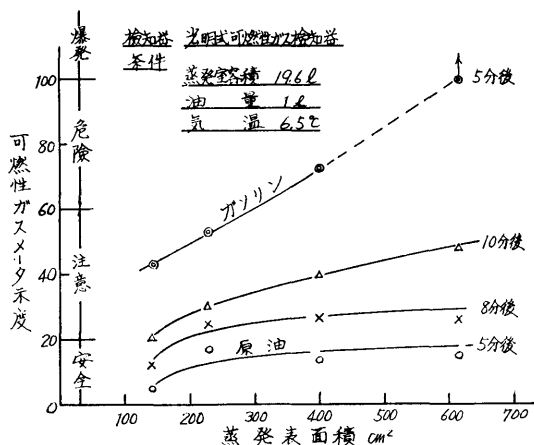


図 22 蒸発表面積とガス濃度

の最高示度を示した。しかしこの値は開放のままの給油穴で測定したものであり、給油穴からはずれたタンクの周辺ではいずれの試験油の場合でも機関周辺と同様メータ示度は7で安全範囲を示していた。それゆえ燃料タンクの給油穴は蓋付のものを用い、ガス抜きを機関室の外部に引き出すようにし、管接手部より油が絶対洩れないようにすることが必要である。

5-2.3 一定容積内における可燃性ガス濃度測定試験

試験は原油とガソリンより蒸発する可燃性ガスの濃度を比較した。結果は図 21~23 に示す通りである。図21は蒸発室容積、蒸発表面積を一定とし、常温で油量を 200~1500 cc まで変化させ、時間による可燃性ガスの濃度を測定したものである。原油の場合、油量の増加によるガス濃度の増加は 200~1000 cc までは油量に比例して増加しているが、1000 cc 以上になるとガス濃度の増加傾向は少なくなっている。これに対しガソリンの場合は 200 cc で 39, 1000 cc で 73, 1300 cc で >100 と原油に比べ非常に高く、ガソリンの方が危険性の大きいことを示している。両者のガス濃度の増加傾向に差異があるのは、両者の粘性の差と蒸発表面積が一定のため、油量を多くすると深さが増しさらに粘性の影響が大きくなるためと思う。図 22 は蒸発室容積と油量を一定とし、蒸発表面積を 143~616 cm² まで変化させ、時間によるガス濃度を測定したものである。この場合原油およびガソリンとも蒸発表面積の増加とともにガス濃度は増加している。しかしその傾向は油量変化の時と同様原油とガソリンとは粘性の差がある。原油の場合の5分間におけるガス濃度

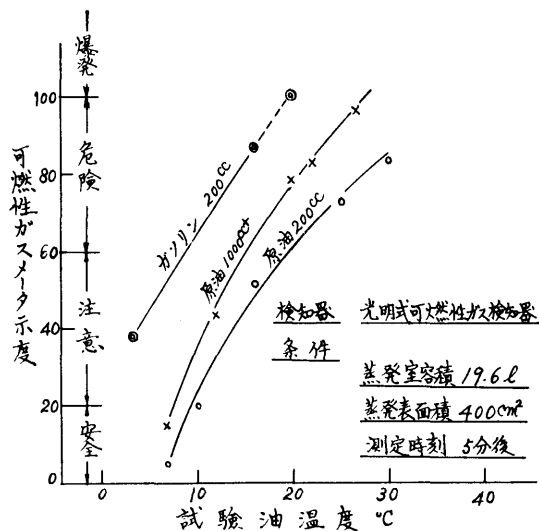


図 23 試験油温度とガス濃度

は、蒸発表面積 143cm² で 5 616cm² で 15 といずれも安全範囲内であつた。また 10 分間における 616 cm² の場合でも 48 で注意範囲にある。それに対しガソリンの場合は、5分間で蒸発表面積 143 m² で 44 400cm² で 73 となり、616cm² の時は 100 を超え爆発の危険性を示している。図23は蒸発室容積、蒸発表面積および測定時間を一定とし、油温を3~30℃まで変化させた時のガス濃度を示した。原油およびガソリンとも温度上昇によるガス濃度の増加傾向は似ていて前記の2試験の場合と異なる。これは温度上昇による原油の粘性低下がガソリンより大きく、そのため原

油からガスがでやすくなったためと思う。両者のガス濃度は 200 cc の油量の場合で比較すると、原油の場合は油温 7°C で 5, 30°C で 84 であり、それに対しガソリンは 3°C で 38, 16°C で 87, 20°C では 100 の爆発下限界を超えている。また原油 1000 cc の場合でも 5°C で 15, 26.3°C で 97 であり、ガソリンより少ないガス濃度を示している。以上 3 つの試験結果から考えると温度の影響が一番大きい。次に原油に引火した場合を観察するため、前記容器に原油を入れ加熱しガス濃度を上げ、各濃度で容器内に火花を飛ばして見た。結果はメータ示度 36, 50 (注意範囲) では一度も爆発しなかつた。さらに濃度を上げ 100 以上にして点火したところ爆発したが火勢は静かであつた。

6. 結 論

クゥエート原油および合成原油をディーゼル機関に使用した試験の結果は次の通りで、燃焼性能および腐食摩耗は A 重油に比べて大差ない。それゆえ C 重油に比べると著しく良好であり助燃剤等を使用せずとも実用は可能であろう。原油の使用は油槽船の燃料費の節約に極めて有効であるから、安全性、原油の性状の影響等に留意しつつ実用化の促進を図るべきであろう。

1) ディーゼル機関の燃料としてクゥエート原油は始動性、燃焼性および運転状況とも良好で現装置を大した改変することなく生焚きは可能である。その他の原油でも合成原油 (ガソリン分 10~40% まで) の試験結果から考え使用可能と思われる。

2) クゥエート原油を使用する場合は A 重油や合成原油に比べると点火性が多少悪いので燃料噴射時期をやや進めて使用するとよい。

3) クゥエート原油の燃焼によるシリンダの腐食摩耗は原油中の主として硫黄分によつてきまるが、適性潤滑油を用いることによつて摩耗を減少させることができる。

4) 原油使用の場合燃料油管系の接手部からの油洩れは絶対禁物である。可燃性ガスの漏洩に対しては検知器を常時備えるとともに換気等に注意する必要がある。

5) 原油によりロウ分の含有量が異なるが特にロウ分の多量な原油の場合には著しい低温では加熱 (蒸気加熱) が必要になるであろう。

参 考 文 献

- 1) 日石レビュー; 第 2 巻第 3 号, 1960

- 2) J.J. Broeze; Combustion in Internal Combustion Engine, Vol. 169, April 1950
- 3) 稲見, 井ノ内, 大竹; ディーゼル機関の摩耗におよぼす硫黄分と潤滑油の影響について, 日本機械学会講演会, 1960-10
- 4) 三石研究資料; 硫黄特集号, Vol. 4, No. 2, 1954
- 5) 日本郵船; 船用機関, 低質油特集号, 第 27 号, 1959-2
- 6) 佐藤; 大形船用ディーゼル機関におけるシリンダライナの摩耗について, 東京商船大学研究報告 No. 13, 1962-9
- 7) G. McConnell, W.S. Nathan; A wear theory for low speed diesel engine burning residual fuel. Wear, Vol. 5, No. 1, 1962
- 8) P. Müller; Kraftstoffschwefel und Nasskorrosion in Dieselmotor, Motortech. Vol. 27, No. 7, 1962
- 9) 稲見, 大竹; ディーゼル機関の燃焼性能におよぼす残査重油の影響, 運輸技研資料 No. 45 (機械 21) 1962-10
- 10) 沼野; 接触燃焼法可燃性ガス測定装置について, 船舶, 1960-12

後 記

本研究については、昭和 38 年 1 月 21 日学士会館に学界、造船所、海運会社等の関係者約 100 名が参集し、燃焼性、安全性、経済性に分けて研究討論を行った。その概要は次の通りであつた。

討論会記録

1. 燃焼性について

横浜造船 小菅氏

i) シリンダの大きさに依り原油の燃焼およびノッキング状態が変わるのではないか。例えば 500~800mm 位の大形機関に対しての見解はどうか。

ii) 船研の試験機関の正味平均有効圧力は、SS 4; 4.5kg/cm², 80P.S; 6.1kg/cm² 位である。現在の実用機関の正味平均有効圧力はかなり高いのであるが、正味平均有効圧力が高い場合に対する見解はどうか。

船研 稲見

i) のシリンダ径による影響は大形機関で実験を行なつてないので不明であるが、ii) の機関の正味平均有効圧力が高くなつた場合でも燃焼が変わると思えない。

東大 小泉教授

船研の実験は軽負荷における typical の燃焼であるが、高負荷において急激に変るものとは考えられない。

船研 瀬尾

大形機関の燃焼テストを実験しなければならないのであるが我々の設備の関係上でできなかつた。燃焼性の差異は多少あるが使用できないことはないと考えている。

新三菱重工 伊藤氏

船研の実験はシリンダ径 275mm の機関であるので燃焼性については大形のものとは大差ないものと思う。

東京商船大 内海教授

小形で回転数の高い機関に対しては着火性の点から原油は問題ないが、大形になりシリンダ直径が大きく回転数が低くなつて来ると着火性よりも燃焼性が問題となり、燃料弁の花咲きがひびいてくると思う。噴霧状態を一考する必要があるのではないかと。

日立造船 永井氏

船研での実験における燃料弁の花咲き状態はどうであつたか。

船研 稲見

A 重油の場合は併かに煤状のものが付着し、合成原油の場合はタール状のものが先端および周辺に付着したがガソリン分の増加と共に量は減少していた。原油の場合、合成原油の G 30% と同程度の付着であるが質は乾いたやや硬いカーボンであつた。しかし燃焼弁の花咲きはなかつた。

日本郵船 磯山氏

原油の指圧波形が非常に異ると予期していたのに在来の波形と大差ないのはなぜだろうか。軽質油が先に燃えて、重質油が後から燃えるということはないのか。

船研 稲見

指圧波形が変わるのは燃焼に差がある場合であり、実験によれば大差なかつた。また軽質油と重質油とが別々に燃焼するとは考えられない。

三井船舶 都司氏

実験に使用した原油は均質であつたかも知れないが大量の原油になると上澄みと下の部分では相当変つてくるのではないかと。

横浜造船 小菅氏

イギリスの論文に異なる粘度の油を混合した場合の弊害が報告されていた。従って Straight 油の方が好ま

しい。タンク中では重質分と軽質分とにわかれるおそれがあるのでないか。

出光タンカー 平田氏

原油はタンカーの中で分離しない。

日産汽船 田中氏

原油10トン水を水の上に3ヶ月セットリングした時、1割程度のスラッジの沈降を見たが上部の方はほとんど変化を認めなかつた。

船研 稲見

当所の実験でも低温(6°C)であつたためロウ分が折出したが、燃焼には差支えなかつた。使用の場合はあまりタンクの底部より採らず、中程から採油したらよいだろう。

日本油槽船 渡辺氏

原油噴射の場合原油中の軽質分が潤滑油の中に混入して問題が生じないか。また、内部油の量を増すと、内部油の種類を変えるとか、アルカリ価を増すと同等の対策の必要はないか。

船研 稲見

当所の実験で原油中の軽質分が分離して潤滑油中に混入し、油膜強度を減少させ摩耗を増加させた形跡はない。内部油の量を増す必要はないと思う。しかし原油中には硫黄分等の腐食摩耗に影響する成分もあるので適性なアルカリ性の潤滑油を用いることは必要である。

日本郵船 栗野氏

原油燃焼の場合、燃焼生成物の中に金属塩のごときものが生じないか、尚試験機関のピストンの材質は鋳鉄か。

船研 稲見

装置の関係上燃焼生成物の分析は行なっていない。ピストンの材質は鋳鉄である。

日産汽船 田中氏

燃焼ガスの分析、またディーゼルのノズルを使つての噴霧特性および燃焼特性につきC重油との比較実験を継続して貰いたい。

船研 稲見

期日や設備等の関係上企画はしたが実行するに到らなかつた。一部の燃焼ガス分析の結果 SO₂ は 600 p.p.m. 程度であつた。これは燃焼中の硫黄分 3.0% 程度のものに匹敵している。

出光タンカー 平田氏

i) 使用した原油は、ガス抜きしてないと思うが、vapor lock の弊害はなかつたか。

ii) 原油の「セタン価」は測定してないのか。アロマティックのものが多くから低いとは思うが。

iii) 発熱量はどれほどか。

船研 稲見

i) 冬期で実験室は低温であり経験しなかつた。

ii) 「セタン価」は測定していない。

iii) 発熱量は高位にて約 10,180 kcal/kg である。

横浜造船 小菅氏

今回の実験では鋳鉄製のピストンであるから摩耗はあまり問題にならなかつたようであるがアルミピストンを使用してC重油を燃やすと第1リングの溝が非常に摩耗する。原油焚きをアルミピストンに対して実施すると、2000~3000時間で激しい摩耗があると予測されるのであるが機会があつたら調査して貰いたい。

船研 井ノ内

アルミピストンのリング溝の摩耗例は他にもある。但しこれは低温運転において起つており、燃料中の硫黄分に左右される問題である。

2. 安全性について

東京商船大 内海教授

実船において原油を使用するにあたり検知器に示された示度に対して実際如何なる処置を持つて臨んだらよいと考えるか。

船研 瀬尾

原因不明のガス濃度の増加ということは考えられない。原油の積んである場所も配管もわかっているからガスの洩れる場所はわかる。洩れるのはポンプ、管接手等であろう。それに対しては通風をよくすると共に漏洩防止を完全に行なうといった手段を講じなければならない。

横浜造船 小菅氏

現在の船舶用機関においては燃料ポンプ、噴射管などから必ずといってよほど漏洩があるけれども、原油を使う場合に軽質分の抽出が必要なのではないか。

船研 稲見

我々の実験機関で実測した結果それらの付近における漏洩ガスの濃度は低く、懸念することは全くなかつた。もし多量のガス洩れがあれば非常に臭うのでハツキリとわかる。

光明理化 沼野氏

中部電力名古屋の火力発電所のボイラで原油焚きを行つてから一年半位になるが、同所においてガス検知の実験を行つた実例を報告する。船舶と異なる点は、1) 振動がない、従つて配管の緩みはない。2) 管理がよ

くない、昔ながらのボイラマンで専門家が管理している訳ではない。3) 換気装置は特設しなくても建物自体が天井が高く通風良好である。等の条件で行なわれたものである。原油は低沸点留分が多いのでもしもれた場合は必ずガスを発生する。そのガス成分はメタン、エタン、プロパン etc. といった低沸点炭化水素と一部芳香族のハイドロカーボンである。これらのガスの爆発限界は低いもので0.8%、(ガソリンよりやや重く、軽油より軽い留分相当) 重いもので1.8% (LPガス相当) であつて原油がもれた時はガソリン又はLPガスがもれたのと同じであると考えればよい。さて同所の測定例であるが、船研の実験例と同じく爆発限界の $1/10$ 程度しか記録し得なかつた。もれるという場合経験によればほとんどポンプ、コック等のグランドパッキンの摩耗および配管のゆるみに起因している。したがつて1日数回測定して見てだんだんメータのふれが大きくなるというような時は必ずどこかに洩れがあるものと考えてよろしい。次に光明式ガス検知であるが、もれを測定する場合各個のガスの化学組成を測定しても無意味であつて、安全のチェックのためには全体的にガス量を測つた方が実際的であるという立場に立つものである。吸引した引火性ガスを白金を触媒として接触燃焼させ発生熱量による白金の電気抵抗変化をくみこまれたホイストンブリッジ回路からメータに指示する方式であり、何でも測れるのが特色である。他にも法定船用品研究会の補助金で作られたスパークの飛ばないようにした警報機つきのものもある。

船研 瀬尾

原油焚きに対して運輸省側の考えを諏訪検査官におたずねしたい。

運輸省 諏訪検査官

法規的には原油を使つてはいけないということはない。しかしながら厳重な注意が必要であろう。

船研 梅沢艦装部長

実用の為には通風筒、汚水(ビルジ)の処理、ガス検知の方法、消火能力、スパークするものをおおろなどの諸点を再検討していただきたい。法規的には具体的な見解を持つていない。

石川島播磨 渡島氏

船内に簡単なトツピング装置を設備するのが一番安全な方法と思う。

船研 瀬尾

原油焚きのためにそういったトツピングに要する設備投資とか、配管を二重にするとか、ポンプ、フィル

タ、タンク等をカバーするとか等に多額の金がかかるのでは原油焚きの効果がなくなってしまう。なるべく改造を少くして使いたい。

運輸省 諏訪検査官

安全が確保されるならば法規を改正すればよい。

Natural gas を Boiler に焚いた例もある。

船研 瀬尾

私は以前南方の原油4種類ほどについて、ボイラに焚いたことがある。実際焚けるか、またどの程度の危険があるものかを調べたことがあるが、特に危険は感じなかった。

日産汽船 田中氏

製油所の原油の火災のときも火勢としては1m程度しか火の手があがらず、ガソリンなどに比べてずつとおだやかに傍観していて消火器も使わなかったと聞いている。

船研 瀬尾

漏洩個所に火がついた程度ではA重油などが燃えているのと大差ない状態である。

出光タンカー 片山氏

軽質分20%を含むものは Gasorine 単体より取扱いが困難である。引火点はあまり問題にする必要はない。

横浜造船 小菅氏

ディーゼルの噴射圧力は非常に高く、もし詰まった様なときは $800\sim 1,000 \text{ kg/cm}^2$ に達するだろう。噴射管が破れた時などは不安を感じる。

大阪商船 井上氏

ディーゼル機関の場合、噴射圧力が高いのでむしろ Boiler の方が安全だ。

船研 稲見

噴射圧力が高いがその噴射量は少ない。もし管が破れても直ちに修理すればガス濃度が爆発限界に達することはないと思う。またディーゼル機関にボイラのよ

うに裸火がないので安全と考える。

丸善海運 永井氏

トッピング装置をつけた方が安全ではないか。発電所でトッピングをつけた例はないか？

船研 稲見

調べた範囲では発電所は生焚を行なっている。

3. 経済性について

船研 瀬尾

燃料消費量は1日当たり2万トンタンカーで25~35kl, 4万トンタンカーで40~50klである。値段は1klあたり(A, C重油は国内価格, 原油は現地価格) A重油1.1万円, C重油0.7万円, 原油0.35万円位であるから、ディーゼル機関を主機としている大形外航油槽船だけでも約60隻あり、年間約20億円の軽減可能ということになる。実際の原油の値段はどれ程かお聞きしたい。

日産汽船 田中氏

産地などでかなりまちまちな値段であるが、アラビヤのクウェートで約9\$/klである。(アラビヤ原油で9\$/kl以下) C重油はアラビヤ原地調達で約12\$/kl, 内地では約16\$/klである。この差は運賃によるものである。

大阪商船 井上氏

原油を使用する場合機関室内の電気製品は法規がないからといってすべて防爆型にする必要はないか。NK, 海運局など防爆型を要求してくると思うが、これは経済性にもかなりひびく問題と思う。

船研 瀬尾

大変長時間、有益な御討論をいただきまして有難うございます。今後は本研究会で得ました種々の問題についてさらに研究を進め、できるだけ早い機会に実用化を図るよう努力いたしたいと思いますので、なおよその御協力をお願い致します。