

漁船機関における乳化燃料の使用について—II

—乳化燃料が機関部品に及ぼす影響—

小田健一*・山田敏夫*

目 次

1. まえがき	99	3.3 燃料系統の摩耗	102
2. 試験方法	99	3.4 各部の汚れ	103
2.1 供試機関	99	3.5 潤滑油に対する影響	103
2.2 供試燃料	100	4. まとめ	104
2.3 試験方法	100	5. あとがき	105
3. 結果と考察	100	参考文献	105
3.1 運転性能の変化	100	Summary	106
3.2 摺動部の摩耗	101		

1. ま え が き

燃油費の低減を目的として、以西底曳網漁船の一部などで A/C ブレンド油の使用が始まっている¹⁾。しかし、ブレンド油の使用は主機関のみの例が多く、小出力の補機関は従来通り A 重油を使用しているものが多い。

低質燃料の燃焼改善の一つに、燃料に水を加えて乳化させ、添加された水の持つ物理的、化学的な作用の助けを借りる方法がある。我々は、既存漁船の大部分の補機関が採用していると思われる予燃焼室タイプの機関を用いて、実験室において水分添加率を 0~50 wt% まで変化した乳化軽油と乳化 B 重油を燃料としたときの運転性能を調査した²⁾。その結果、一定の条件下では燃費率、排気温度、排煙濃度、排気中の窒素酸化物等に改善がみられることが判明した。特に小型機関では B 重油を使用した場合に燃焼の悪化がみられるが、乳化することでこれを解消し軽油なみの燃費率が得られた。

商船の分野では、大型 2 サイクル主機関で、粘度 2500 秒 Red. 1 @ 100 °F の C 重油を乳化させ³⁾、また、4 サイクル補機関で A/C ブレンド油を乳化させて⁴⁾ 実船実験が開始されている。

ディーゼル機関の場合、ブランジャや燃料弁、ライナと

ピストンや軸受など重要な摺動部分を多く有するため、これらの潤滑箇所に対する水分の悪影響が心配される。これらの乳化燃料が機関部品に与える影響は、短時間の運転では判定できないので、実験室で 100 時間単位の運転を行いその影響を調査した。結果を以下に報告する。

2. 試験方法

2.1 供試機関

供試機関には、三菱重工業ダイヤディーゼル 1 DVA-8a 型 4 サイクル立型単気筒予燃焼室式を採用した。機

表 1 供試機関の主要目

Test engine

形 式	三菱重工業ダイヤディーゼル 1 DVA-8a
シリンダ数	1
シリンダ径	110 mm
行程	150 mm
回転数	900 r.p.m.
出力	8PS {5.89 kW}
ピストン速度	4.5 m/s
平均有効圧力	5.61 kgf/cm ² {549kPa}
燃焼室形式	予燃焼室

* 漁船工学部

関の主要目を表1に示す。

2.2 供試燃料

供試燃料には市販のB重油を使用した。その性状を表2に示す。なお、この燃料は運転性能の試験²⁾に使用したB重油とは性状が異なるので、運転性能の一部に前報²⁾と異なる部分が生じた。

2.3 試験方法

前報によれば、供試機関に乳化B重油を使用したとき、水分添加率30%まで燃費率の低下がみられたので、供試燃料の水分添加率を0wt%、10wt%、30wt%の3段階にとり、30wt%の場合は水分による腐食摩耗の防止を目的として、添加した水分をアルカリ性に保持したものも作製し、計4種類の燃料を用意した。

機関の運転は、特に停止させる必要の生じた場合を除いて100時間連続で行ない、冷却水出口温度を65℃、潤滑油温度を60℃一定に制御した。また、潤滑油には市販品を用いた。

3. 結果と考察

結果を以下に報告する。なお、折線グラフは○△□◇の順に、棒グラフは左より順にそれぞれ燃料中の水分添加率が0、10、30、アルカリ性30wt%の場合を表わす。

3.1 運転性能の変化

100時間の運転時間を4等分して、25時間毎に燃料消費率、排気温度、排煙濃度の平均値を求めた結果を図1~図3に示す。なお、燃費率は添加した水分を差し引き

表2 供試燃料性状

Specification of fuel oil for tests

比重	15/4℃	0.9248
反応		中性
引火点	℃	78
粘度	@50℃ cSt	24.1
流動点	℃	7.5
硫黄分	wt%	2.17
残留炭素分	wt%	6.06
アスファルテン	wt%	3.81
水分	vol%	0.02
セタン指数		44.0
総発熱量	kcal/kg	1050
真発熱量	kcal/kg	9900

1cSt=1mm²/s kcal=4.19 J

燃料のみに対する値として求めた。水分添加率0wt%のB重油のみによる運転では、それぞれの性能に経時変化は殆どみられないが、水分を添加した乳化燃料では、いずれも運転時間の経過とともに燃焼の悪化がみられる。すなわち、運転開始後数時間は水分添加による燃焼の改善がみられるが、徐々に燃焼状態が悪化し、一定時間経過後は逆に水分を添加した方の燃費率、排気温度が無添加の場合を上まわる様になる。

その原因として、予燃焼室の汚れが考えられる。運転終了後の機関開放時の観察で、予燃焼室壁に大量の炭化物の堆積がみられた。これが予燃焼室の容積を徐々に狭

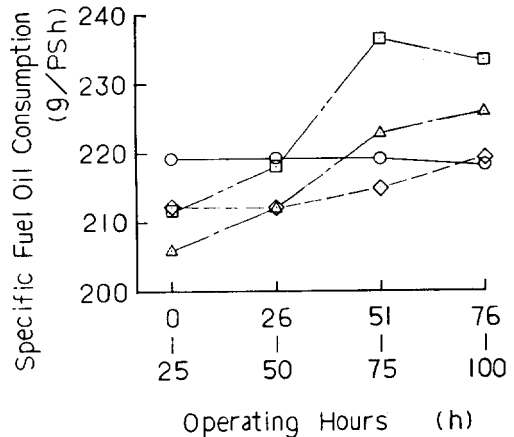


図1 燃料消費率の変化

Specific fuel oil consumption

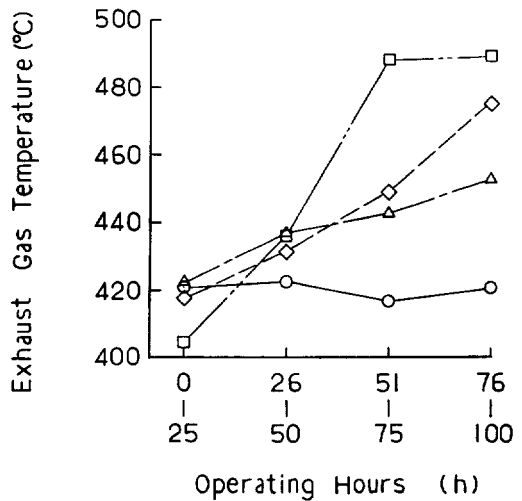


図2 排気温度の変化

Exhaust gas temperature

めていったことや、噴口付近やノズルに付着した炭化物の妨害により噴射された燃料に適量の酸素を供給して予燃焼室内の燃焼を継続させ、噴流を維持する³⁾予燃焼室本来の役割が果せなくなったものと思われる。アルカリ性に保持した水分添加率 30 wt % の乳化燃料による運転時に、90 時間目に急激に燃焼が悪化し、排気温度が 500 °C を越え運転の継続が困難と考えられたため、一旦停止して予燃焼室の汚れを除去した後運転を再開したところ、ほぼ初期の値に近い性能まで戻すことができた。なお、図 1～3 の値にはその 90 時間以後のデータは含めていない。

水分添加率 30 wt % の場合は、後述の様にニードル弁の腐食摩耗が激しかったことが燃焼状態をさらに悪化させたものと思われる。

3.2 摺動部分の摩耗

シリンダライナの寸法摩耗を図 4 に示す。横軸の 1 はピストントップランド上死点位置、2～6 は第 1～第 5 (オイル)リング上死点、9 は第 1 リング、10 は第 5 リングの下死点、7, 8, 11 は任意に定めた点である。水分

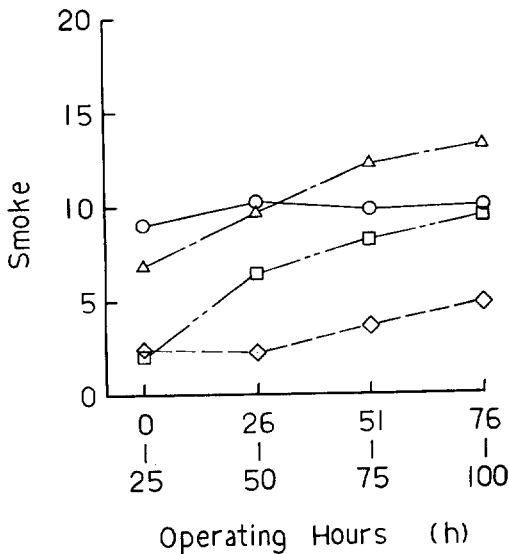


図 3 排煙濃度の変化
Smoke in exhaust

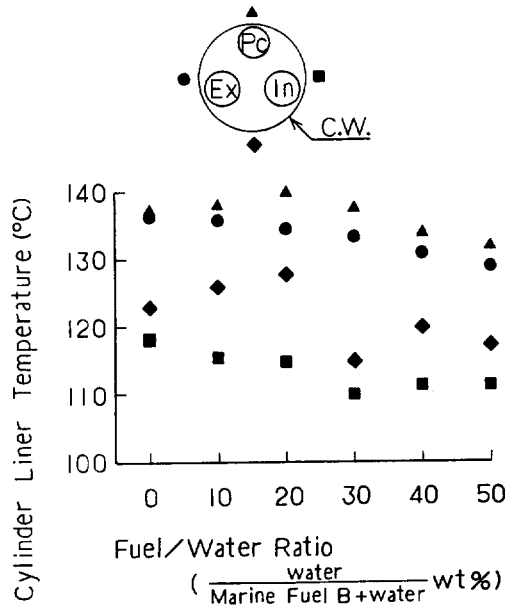


図 5 シリンダライナの壁温
Cylinder liner temperature

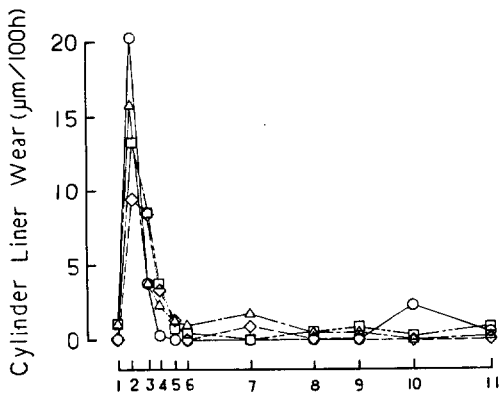


図 4 シリンダライナの摩耗
Cylinder liner wear

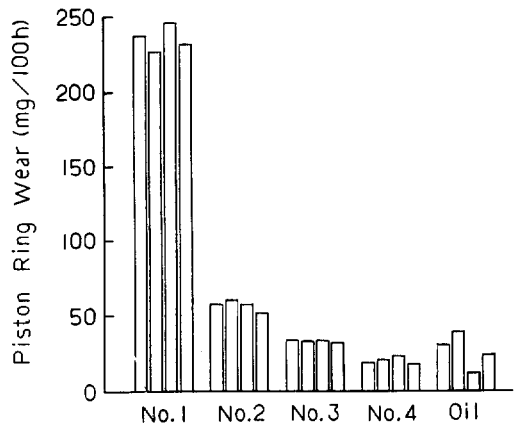


図 6 ピストンリングの摩耗
Piston ring wear

を添加した場合、第1リング上死点位置では摩耗が減少しているが、第2、第3リング上死点では逆に増加している。水分添加率とシリンダライナの第1リング上死点位置における円周上4方向の壁温をみると、図5のように水分添加率30%の場合には予燃焼室側を除いて低下しており、これが燃料中の硫黄分から生成する硫酸量を増加させ腐食摩耗を促進したものと考えられる。

ピストンリングの摩耗を図6に示す。水分添加率による摩耗の差異はほとんどみられなかった。

クランクピン上金属の摩耗を図7に示す。水分添加率30wt%のとき異常に高い値が出ている。後述の潤

滑油性状分析結果から、大粒径の不溶分が多くアブレシブ摩耗を促進したことから、試験の都合で機関の停止起動回数が多かったことが原因の一つと考えられるが、何か他の要因も含まれているものと思われる。

3.3 燃料系統の摩耗

プランジャの運転後の状態を図8に左から水分添加率0, 10, 30, アルカリ性30wt%の順に示す。またその摩耗量を図9に示す。供試燃料中の水分粒子の径は10 μ m程度のものであり²⁾、これはプランジャとパレルすき間より大きいため、水分添加率の増加とともに腐食摩

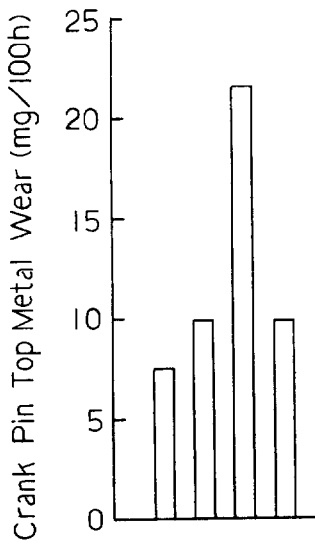


図7 クランクピン上金属の摩耗
Crank pin top metal wear

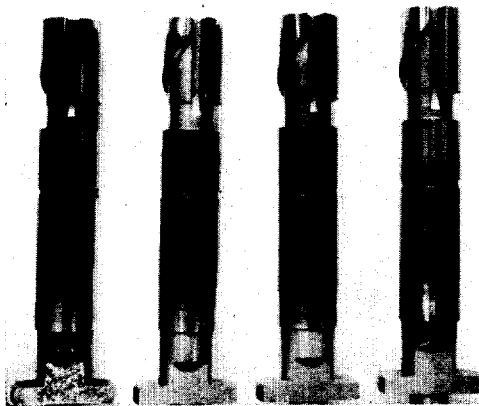


図8 運転後のプランジャ
Plunger after 100 hour operation

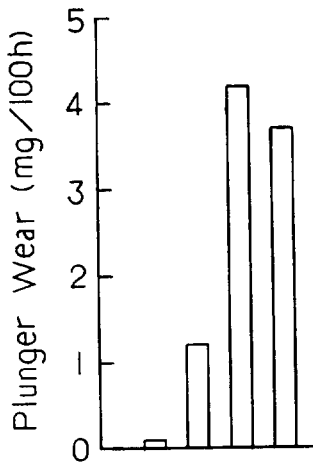


図9 プランジャの摩耗
Plunger wear

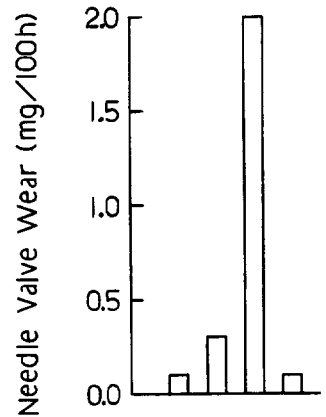


図10 ニードル弁の摩耗
Needle valve wear

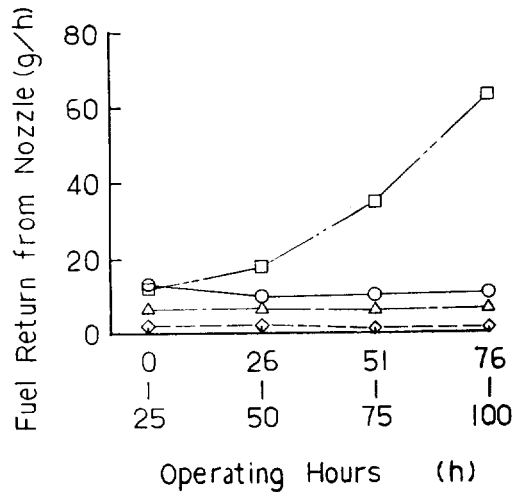


図11 燃料弁からの戻り油
Fuel return from nozzle

耗が増大したと思われる。

ニードル弁の摩耗を図10に示す。同様に、水分添加率の増加とともに摩耗が増大する。摩耗の進行状況をノズルからの戻り油の量で示すと図11となり、水分添加率30 wt % の場合は急激に腐食摩耗が進行したことがわかる。一方、水分をアルカリ性に保持した場合は、ブランジャの摩耗には大差はないが、ブランジャで圧縮を受けることで燃料中の水分粒子が微細化された後にニードル弁へ送られた段階では顕著な防錆効果が認められる。

3.4 各部の汚れ

ノズル先端部分の汚れを図12に示す。添加した水分が狭い予燃焼室内で蒸発する際に気化熱を奪い、予燃焼室

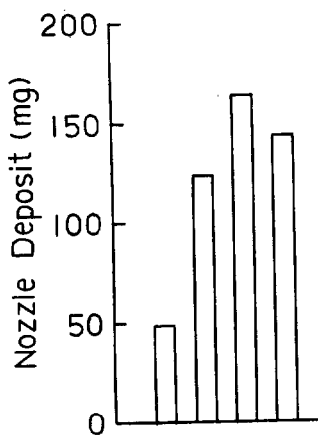


図 12 ノズル先端部の汚れ
Nozzle deposit

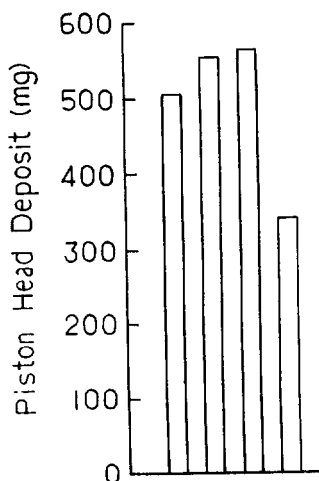


図 13 ピストンヘッドの汚れ
Piston head deposit

を冷却することによる未燃焼物質の予燃焼室壁、ノズル、噴口付近への付着が生じ、これが噴射された燃料の空気との混合を妨げるとともに、予燃焼室の有効容積の減少による酸素量の不足から生じる燃焼不良と悪循環を繰返すことにより予燃焼室の汚れが進行したと思われる。乳化燃料の炭化性をみるためにパネルコーキング試験を行なったが、燃焼を伴わないこの方法では明瞭な結果は得られなかった。

一方、ピストンヘッドの汚れを図13に示す。アルカリ性の水分添加率 30 wt % のときの汚れが少なくなっているが、他は差異が少ない。予燃焼室の場合と異なり、乳化燃料が主燃焼室の汚れを促進することはないと考えられる。

3.5 潤滑油に対する影響

運転前後の潤滑油の一般性状分析結果を表3に示す。水分添加率が増加するに従って、全酸価やレジン分に見られる様に基油の劣化が促進される傾向にある。

潤滑油中の不溶分の総量を表わすと考えられる 0.1

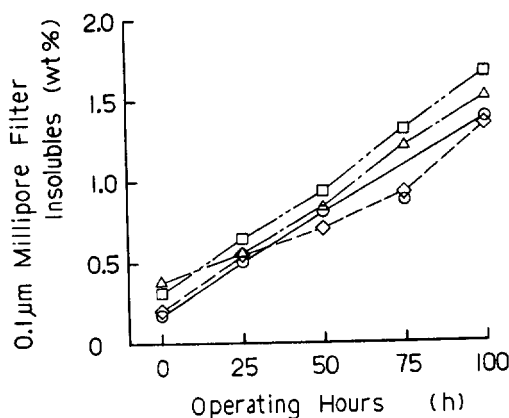


図 14 ミリポア不溶分の変化

Millipore filter insolubles in lubricating oil

表 4 不溶分増加率

Rate of insolubles increase

単位 wt%

水分添加率 %	分析方法 濾過法 ミリポア フィルタ 0.1 µm	遠心分離法 ASTM D 893		
		ヘプタン A 法	ヘプタン B 法	トルエン B 法
0	0.0382	0.0125	0.0413	0.0383
10	0.0324	0.0141	0.0567	0.0489
30	0.0387	0.0267	0.0640	0.0520
30+アルカリ	0.0343	0.0244	0.0565	0.0439

表3 潤滑油性状
Specification of lubricating oil

使用燃料の水分添加率 %		(未使用油)	0	10	30	アルカリ性30
比 重	15/4°C	0.9013	0.9011	0.9066	0.9058	0.9070
粘 度	cSt @ 40°C	106.35	104.41	108.55	105.69	106.24
	@ 100°C	11.05	11.79	12.64	11.98	11.53
引 火 点	°C	268	250	246	244	266
硫 酸 灰 分	wt%	0.87	0.99	1.00	0.93	1.02
水 分	vol%	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
全 酸 価	mgKOH/g	0.80	1.89	1.97	2.18	2.06
全 塩 基 価	wgKOH/g	8.55	5.07	6.01	4.83	4.65
ミリポア不溶分	wt%	—	1.38	1.51	1.66	1.34
ヘプタンA法不溶分	wt%	—	0.39	0.50	0.94	0.81
ヘプタンB法不溶分	wt%	—	1.29	2.01	2.25	1.89
トルエンB法不溶分	wt%	—	1.20	1.74	1.83	1.47
レジン分	wt%	—	0.10	0.28	0.42	0.42
分散指数		—	70	75	58	57

lcSt = 1 mm²/s

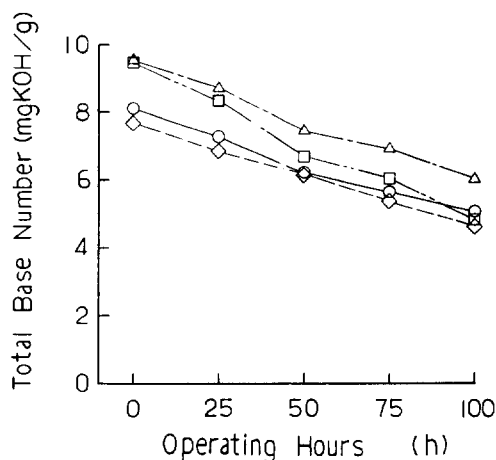


図15 全塩基価の変化

Total base number in lubricating oil

μm ミリポアフィルタリ過法による結果は、図14の様に水分添加率の影響は殆どみられない。一方、表4に示す燃料単位消費量(添加した水分を差し引いた B 重油のみに対する値)当りの不溶分増加率では、大粒径の不溶分のみを分離するヘプタン A 法の値が水分添加率とともに増加している。これは、予燃焼室の汚れに起因する燃焼不良のためススを主体とする不溶分生成量が増加し、粒径の小さいものは添加した水分との間で水性ガス反応でガス化し、残された大粒径の不溶分が潤滑油中に混入したことによると推定される。

表5 アルカリ消費率
Rate of alkalinity consumption

水分添加率 %	アルカリ消費率 mgKOH/g
0	0.0896
10	0.1058
30	0.1356
アルカリ性 30	0.0918

次に、過塩素酸法による全塩基価の変化を図15に示す。燃料単位消費量当りのアルカリ消費率は、表5の様に水分添加率のとともに増加する。これは、図5の様に添加した水分の蒸発潜熱によりシリンダ壁が冷却されるので、燃料中の硫黄分から生じる硫酸の凝縮量が増え、これを中和するための添加剤の消耗が増加したと思われる。なお、添加した水分をアルカリ性に保持した場合には、その一部が硫酸の中和に役立つため、潤滑油のアルカリ消費率の増加が少なかったものと思われる。

4. ま と め

乳化石油が機関部品に及ぼす影響を調査するため、予燃焼室タイプの小型漁船機関に B 重油と水分を添加した乳化石油を使用して運転を行なったところ、次のことが判明した。

B 重油に対し、乳化石油の場合、運転開始後数時間は添加した水分により燃焼の改善が図られるが、運転時間の経過とともに予燃焼室内に炭化物が堆積して予燃

燃室の機能が低下するため徐々に燃焼が悪化し、燃費率や排温の上昇をもたらす結果として水分の添加は逆効果となる。

添加された水分により、燃料系統のフランジやニードル弁に腐食摩耗を生じる。水分粒径の微細化または防錆剤の使用による対策をとる必要がある。

燃焼が悪化することにより、発生した、大粒径の不溶分の潤滑油への混入量が増加するとともに、蒸発潜熱による燃焼室壁温の低下から硫酸生成量が増加し、全塩基価の消耗が促進される。

以上により、予燃焼室を持つディーゼル機関に対しては、乳化燃料の使用を避けるべきと考えられる。

5. あとがき

予燃焼室タイプの小型漁船機関にとって、乳化燃料の使用は有害との結論を得た。一方、直噴の燃焼室を持つ小型低速機関に A 重油と乳化 A 重油を使用した場合、燃費率や排気温度、排煙濃度の低下とともに、9.5 時間運転後の開放結果では乳化燃料を使用することにより燃焼室の汚れが低減したとの報告⁶⁾もある。最近では燃

費率低減のため、小型漁船機関においても直噴の燃焼室が主流となりつつあるので、さらに検討を進めたい。

参考文献

- 1) 井上泉：114トン型以西底曳網漁船“第37増丸”，漁船，238号，pp.77～82，1982
- 2) 小田健一・山田敏夫：漁船機関における乳化燃料の使用について—I，水産工学研究所報告，3号，pp.173～186，1982
- 3) 昭和ラインエンジニアリング(株)他：エマルジョン燃料油を船用主機に使う，マリンエンジニア，419号，pp.30～34，1982
- 4) 岡本哲：中速中小型機関の粗悪油燃焼について，日本船用機関学会第12回創立10周年記念事業講演会前刷，pp.11～18，1982
- 5) 徐錫洪：予燃焼室ディーゼル機関の燃焼，内燃機関，11巻，120号，pp.240～250，1972
- 6) 中野善弘ほか3名：船用低速ディーゼル機関における乳化燃料油の燃焼のすす生成に関する研究，日本船用機関学会誌，16巻，12号，pp.37～45，1981

Burning of Oil/Water Emulsified Fuel on Fishing Boat Engine (Part II)

By

Ken'ichi ODA and Toshio YAMADA

Summary

For improving the performance of fishing boat engine using a low grade fuel, it is effective to use oil/water emulsified fuel. In the last paper, in a few hours operation, emulsified fuel was effective to reduce a specific fuel consumption, exhaust gas temperature, smoke in exhaust and NOx emission at oil/water ratio 30—40%.

So, to research the effect of emulsified fuel for engine parts, engine tests were undertaken at 100 hour operation used Marine fuel B and emulsified Marine fuel B oil/water ratio 0 wt%, 10 wt%, 30 wt%, and 30 wt% added alkali in the water.

The results are as follows.

On a pre-combustion type diesel engine, because of water in the emulsified fuel cooled the pre-combustion chamber, carbon deposit heaped up pre-combustion chamber wall. This deposit made small pre-combustion chamber and prevented the combustion of the fuel. So, with the progress of operating hours, combustion became worse. Fig. 1—3 show rising the specific fuel consumption, exhaust gas temperature and smoke in exhaust.

Emulsified fuel increased the corrosion wear of fuel system. Fig. 8—10 show that plunger wear and needle valve wear increase in proportion to water content of emulsified fuel. Alkali added in water was effective to defend the corrosion wear of the needle valve.

These experimental results suggest that oil/water emulsified fuel is unsuitable for the pre-combustion type small-sized fishing boat engine.