

漁船機関における乳化燃料の使用について— I

— 乳化燃料使用時の機関の運転性能 —

小田健一*・山田敏夫*

目 次

1. まえがき	173	5.6 燃焼室内最高圧力	179
2. 供試燃料	174	5.7 考 察	179
2.1 乳化燃料	174	6. 燃料噴射位置の影響	181
2.2 乳化燃料の製造	174	6.1 燃料消費率	181
2.3 乳化燃料の安定性	174	6.2 排気温度	181
3. 供試機関	175	6.3 排煙濃度	181
4. 実験方法	175	6.4 着火遅れ	181
5. 水分添加率の影響	175	6.5 燃焼室内最高圧力	183
5.1 燃料消費率	176	6.6 考 察	184
5.2 排気温度	176	7. まとめ	184
5.3 排煙濃度	176	8. あとがき	184
5.4 排気ガス分析	177	Summary	186
5.5 着火遅れ	179		

1. まえがき

最近の石油製品価格の高騰により、漁業経営に占める漁船の燃料費の割合が増大¹⁾、経営を圧迫する主たる要因となっている。これに対応するため、漁船機関においても価格が安く供給も比較的安定しているC重油が注目され、これに従来から使用されているA重油を混合してB重油相当の燃料を作製し、機関に供給する方法が考えられており、工場における実験や²⁾漁船建造時のモデルプランの検討³⁾を経て、一部の漁船で実用化⁴⁾されている。

我々は以前に小形漁船機関を使用して、B重油相当のA/Cブレンド油を使用した場合の機関の運転性能および耐久性を、軽油、A重油と対比して検討したが⁵⁾、小形機関にB重油相当の燃料を使用した場合には、燃費率の増加と各部の摩耗や汚れの増加によるメンテナンス間隔の短縮が避けられないとの結論を得た。

B重油をはじめとする低質燃料の燃焼改善をはかり熱効率の低下を防ぐ方法の一つに、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て良好な燃焼状態を得る方法がある。乳化燃料は、すでに陸用ボイラでは、排気ガス中のばいじんや窒素酸化物の低減、低余剰空気燃焼による排気損失の低減など、公害防止と省燃費のための有効な手段として実用化されており⁶⁾、ボイラの汚れも低減することから、タンカーの舶用ボイラでも乳化燃料使用の実船試験が行なわれている⁷⁾。

ディーゼル機関では、ボイラの様な低余剰空気燃焼による省エネは困難であり、また燃料系統をはじめとして多くの摺動部分を有するため水による悪影響を受ける恐れも多く、乳化燃料に起因するプランジヤの焼付事故の例⁸⁾も報告されている。しかし、乳化燃料は排気ガス中の窒素酸化物濃度の低減と燃費率の改善を同時に達成できる数少ない方法の一つとして期待されている。

ここでは低質燃料の燃焼改善方法の一つとして、従来あまり検討されていない予燃焼室タイプの小形漁船機関における乳化燃料の使用を検討することとし、乳化B重油が機関の運転性能に及ぼす影響を調査するとともに、比較のために乳化軽油についても同様のデータをとることにした。

* 漁船工学部

2. 供試燃料

2.1 乳化燃料

乳化燃料とは、各種液体燃料に水を加えエマルジョン状にしたもので、燃料が連続相となってその中に水が分散している油中水滴形と、逆に水の中に油が分散している水中油滴形がある⁹⁾。ディーゼル機関の燃料として使用する場合には、流動性、防錆性、着火性のいずれもが前者が優れていると考えられるので、ここでは油中水滴形を採用した。

2.2 乳化燃料の製造

乳化燃料の製造方法には、凝縮法、分散法、断続振とう法、ミキサ、コロイドミル、ホモジナイザなど種々の方法がある⁹⁾が、ここでは最も簡単なミキサを採用した。

供試燃料は、ベースに市販の軽油とB重油を使用した。それぞれの一般性状を表1に示す。燃料の乳化は、これらの軽油またはB重油に乳化剤を1wt%加え攪拌した後、規定量の水を加えよく攪拌することで行なった。水分添加率は乳化燃料全体に占める水の割合が0から50wt%まで10wt%毎に6段階に選んだ。こうして作製した乳化燃料の顕微鏡写真の一例を図1に示す。図中の丸いのが水の粒子で、その直径は1~10 μ mに分布してい

表1 供試燃料の一般性状
Specification of fuel oil for tests

分析項目	軽油	B重油
比重 15/4°C	0.8361	0.9182
反応	中性	中性
引火点 °C	95	79
粘度 @30°C cSt	4.19	72.4
@50°C cSt	2.68	27.9
流動点 °C	- 10.0	7.5
イオウ分 wt%	0.57	1.96
残留炭素分 wt%	0.12*	6.30
水分 vol%	0.02	0.04
セタン指数	55	47
真発熱量 kcal/kg	10,280	9,930
蒸留試験 °C		
初留点	207	131
50%点	277	364
90%点	329	—
95%点	346	—

* 軽油は10%残油の残留炭素分

る。

2.3 乳化燃料の安定性

乳化燃料は互いに溶解しない水と油を強制的に分散させたもので、その存在は不安定なものである。乳化燃料の不安定性には、 『破壊』 と 『クリーミング』 それに 『凝結』 がある⁹⁾。破壊とは、水の小さな液滴が結合して大きな液滴となり、最終的には二液層に分離する現象をいい、軽油と水のエマルジョンは乳化剤を使用しなければ短時間で破壊を生じる。クリーミングは、分散している水の液滴が重力の作用で沈降し底にたまるが、粒子は互いに接触しても合一しないで隔てられたままでいる現象である。凝結は、個々の液滴が合一することなく三次元的な液滴集合体を形成して、液滴が互いに付着する現象である⁹⁾。

ディーゼル機関に供給する乳化燃料が短時間で破壊を生じた場合、機関の燃料に水が供給される危険性があり、また燃料サービスタンク内でクリーミングを生じた場合には、作製した乳化燃料と大幅に水分添加率の異った燃料が供給される可能性がある。そこで作製した乳化燃料をメスシリンダに採取し、静止した状態で一定時間毎に目視による観察（B重油は判断が困難なため軽油のみ）と簡易水分試験器による分析により、変化状況を調査した。結果を図2、表2に示す。

乳化軽油の場合は時間の経過とともにクリーミングを生じ、この部分の水分含有率は約50%となり上層部には水分はほとんど存在しなくなる。一方乳化B重油では時間の経過とともに底部の水分含有率に増加傾向がみられるが、水分は全体に分散して存在しており安定したエマルジョンが得られる。ただし、顕微鏡による観察によると凝結を生じていることが判明した。

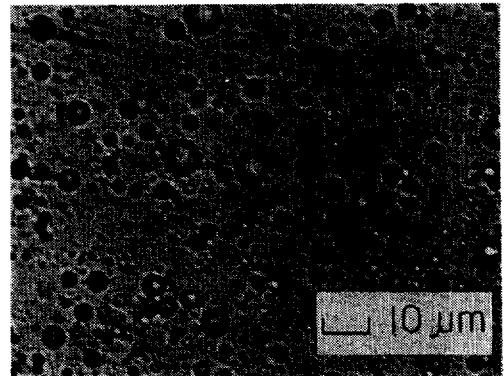


図1 乳化燃料
Emulsified fuel

表 2 乳化燃料の安定性
Changing of oil/water ratio in emulsified fuel

単位 vol%

供試燃料	経過時間 h	サンプリング部分	1			5			24		
			表面	中央	底	表面	中央	底	表面	中央	底
軽油 水分添加率 10wt%			0.5	5.8	41.8	0.5	0.3	42.4	0.2	0.2	48.5
軽油 水分添加率 20wt%			0.4	12.2	42.3	0.3	14.0	49.6	0.0	0.2	50.9
B重油 水分添加率 10wt%			5.9	6.1	5.5	6.3	6.1	6.2	6.2	5.7	6.3
B重油 水分添加率 30wt%			24.9	28.0	31.7	27.7	23.5	32.1	25.6	28.9	36.4

軽油とB重油におけるこれらの差異は、両者の比重、粘度差とB重油中のアスファルテンの持つ乳化力の違いにより生じたものと思われる。

3. 供試機関

供試機関には、三菱重工業ダイヤディーゼル1DVA-8a型、4サイクル立型単気筒予燃焼室式を使用した。機関の主要目を表3に示す。船用機関の呼称区分¹⁰⁾では小形〔I〕低速機関に該当する。

4. 実験方法

軽油、B重油それぞれにつき水分添加率を6段階、合計12種類の燃料に対して、負荷を標準出力の8PS(5.89kW)に対し船用特性で25, 50, 75, 100, 110%にとり運転を行なった。機関を軽油で始動後、10分間でゆっくりと標準出力まで上げ、1時間程度運転して各部の温度が一定となったところで供試燃料に切り替え、規定の負荷に合わせて10分程度運転し、各々のデータが安定したところで測定を開始した。測定終了後の機関の停止時には、燃料を軽油に切り替えた。

冷却水出口温度は65℃に、潤滑油温度は60℃に負荷に

かかわらず一定に制御した。

供試機関の燃料噴射位置は、上死点前10~12deg.が標準なので10deg.一定で試験をし、これとは別に50%と100%負荷について噴射位置を2.5deg.ずつ早めて、17.5deg.までデータをとった。

測定項目および使用計測器は次の通りである。

燃料消費量には歯車式微小流量計を使用した。各部の温度には熱電対を用い、一部にアルコール棒状温度計を併用した。燃料室内圧力にはひずみゲージ式圧力変換器とシンクロスコープを用いた。排気ガス濃度には反射式スモークメータを用いた。排気ガス分析は自動車用排ガス総合分析装置を使用した。

実験は夏期に行なったため、燃料の加熱は行なわなかった。このときの燃料のノズル入口における温度は約50℃であった。なお、燃料系統のこし器は水の分離を防ぐため、ノズル入口のストレーナ以外は全て撤去した。

5. 水分添加率の影響

燃料噴射位置を10deg.B.T.D.C.一定とし、負荷をパラメータにとって、各水分添加率による機関性能の変化を以下に示す。負荷と図中の記号の関係は表の通りである。

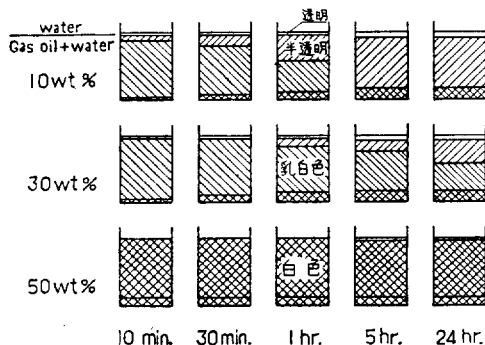


図 2 乳化軽油の安定性

Creaming in gasoil/water emulsion

表 3 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 1DVA-8a
シリンダ数	1
シリンダ径	110mm
行 程	150mm
回 転 数	900r.p.m.
出 力	8PS(5.89kW)
ピストン速度	4.5m/s
平均有効圧力	5.61kgf/cm ² (549kPa)
燃 焼 室 形 式	予燃焼室

表 4 負荷と図中の記号
Load and mark

負荷 Load	110%	100%	75%	50%	25%
記号 Mark	○	△	□	▽	◇

5.1 燃料消費率

燃料消費率は、添加した水分量を差し引き燃料のみに対する値として求めた。従って、水の蒸発潜熱による燃料の発熱量の低下は考慮していない。

軽油の場合、図3のように水分添加率の増加とともに燃料消費率は低下するが、低負荷では10~20wt%、高負荷では30~40wt%のときを下限として増加に転じる。100%負荷の場合、水分無添加のときの燃費率 214g/PS・h(291g/kW・h)が、水分添加率40wt%では204g/PS・h(277g/kW・h)へと4.7%の低下がみられた。

一方、B重油では、図4のように低負荷では水分添加率30wt%以上で燃費率の低下がみられるが、高負荷の場合は30wt%まで減少し、それ以上ではほぼ一定となる。本実験の範囲内では、100%負荷の場合、水分無添加のときは燃費率が悪く233g/PS・h(317g/kW・h)であったものが、水分添加率50wt%では203g/PS・h(276g/kW・h)へと12.9%の減少がみられる。軽油とB重油の真発熱量の差を考慮すれば、乳化B重油は軽油や乳化軽油を上まわる良好な燃焼を達成することができた。

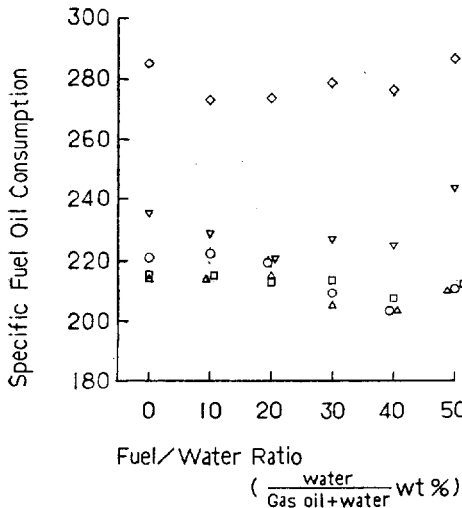


図 3 水分添加率と燃費率の関係
Specific fuel oil consumption

5.2 排気温度

排気温度は、吸気温度を30℃一定となるようにスライドさせ、簡易修正して求めた。軽油の場合、図5のように高負荷では水分添加率の増加とともに低下するが、低負荷の場合はあまり変化しない。

一方、B重油では、図6のように水分添加率30wt%まで低下しそれ以上ではほぼ一定となる。B重油で運転した場合は、軽油使用時にくらべ排気温度が高くなるが、100%負荷では水分無添加のときの432℃から水分添加率30wt%では372℃へと大幅に低下し、乳化軽油なみまたはそれ以下の温度となっている。

排気温度の低下は、主として添加された水分の蒸発潜熱により燃焼室内部が冷却されることによるが、燃費率の低下にみられる有効仕事の増加による排気損失の低減の効果も一部含まれるものと考えられる。

5.3 排煙濃度

軽油の場合、図7のように水分添加率50wt%で排煙濃度がゼロとなるが、40wt%までは顕著な変化がみられない。

一方、B重油では、図8のように水分無添加の高負荷時には排煙濃度が高いが、水分添加率の増加とともに急激に低下している。供試機関のような小形機関にB重油を使用すると、短時間で燃焼を完了することが困難となり、燃費率の悪化や排気温度、排煙濃度の上昇を招く。これに対して水分添加燃焼を行なうと、後述のように燃

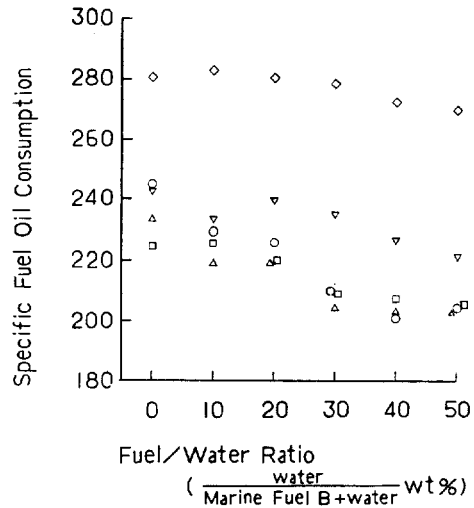


図 4 水分添加率と燃費率の関係
Specific fuel oil consumption

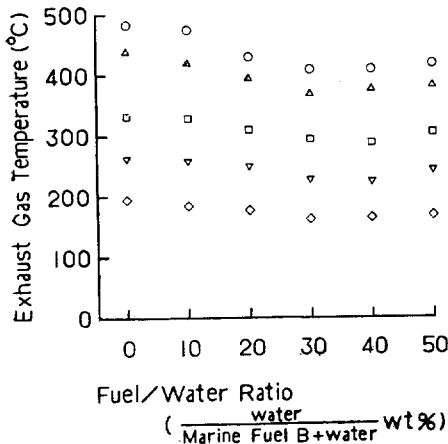


図 5 水分添加率と排気温度の関係
Exhaust gas temperature

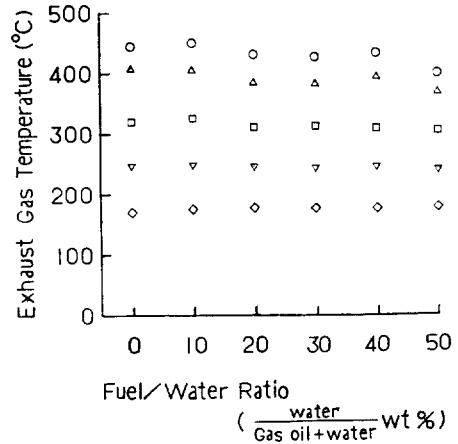


図 6 水分添加率と排気温度の関係
Exhaust gas temperature

燃料と空気の接触の機会が増加するとともに、火炎中で燃料から発生する遊離炭素が水分との間で水性ガス反応 ($C+H_2O \rightarrow CO+H_2-28.1kcal/mol$) を生じ、排出されるススの量が減少するものと思われる。

5.4 排気ガス分析

内燃機関の排気ガス中に含まれ、大気汚染の元凶となる有害物質の主体として、イオウ酸化物(SOx)、窒素酸化物(NOx)、一酸化炭素(CO)、未燃炭化水素(HC)があげられる。ディーゼル機関は火花点火機関と異なり、空気過剰率1以上で運転されるため、一般に不完全燃焼により生じるCOとHCの排出は少ないが、燃焼温度が高いため空気中の窒素が酸化して生じるサーマルNOxの排出が多くなる。また、SOxの排出量は、燃料中のイオウ分にはほぼ比例し、燃焼の改善によるSOxの低下は期待できない¹¹⁾。従って、ここではNOx、CO、HCについて分析を行なうことにした。

排気ガス分析のみ、都合で冬期に実験を行なうことになった。他の測定は夏期に行なったため吸気温度は30°C前後であったが、排気ガス分析時の吸気温度は10°C程度となった。気温が低いため、燃料温度はノズル入口で50°Cとなる様に加熱し(B重油の場合)、冷却水温度や潤滑油温度も同様に制御したが、吸気温度が低く機関からの放熱量も多いため圧縮時の燃焼室温度が低く、軽油の場合は水分添加率50wt%、B重油のときは40wt%以上でミスファイヤが多発し正常な運転が困難となった。そのため軽油は40wt%、B重油は30wt%で測定を打ち切った。

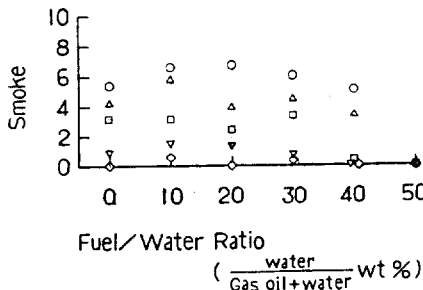


図 7 水分添加率と排煙濃度の関係
Smoke in exhaust

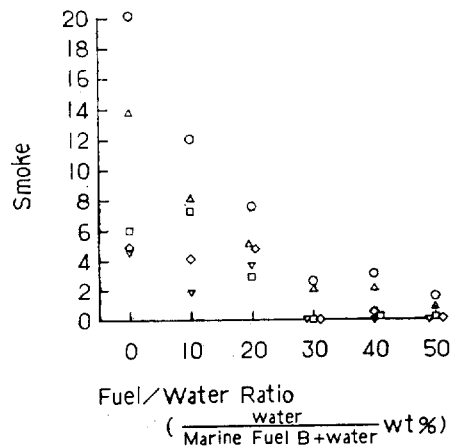


図 8 水分添加率と排煙濃度の関係
Smoke in exhaust

5.4.1 窒素酸化物

排気ガス中のNOxの濃度を一酸化窒素(NO)に換算して図9, 図10に示す。軽油, B重油ともにNOxは水分添加率の増加とともに急激に低下しており, 濃度の高い低負荷の場合には水分添加率30wt%で無添加のときの約半分となる。

ディーゼル機関から排出されるNOxは, 高温高圧下で空気中の窒素と酸素が結合して生成するサーマルNOxが大部分である。軽油に対してB重油使用時にNOxの排出が多いのは, 局所的な高温部分ができやすいことによ

ると思われるが, B重油中に不純物として含まれる窒素分が燃焼して生じるフェューエルNOxの影響も, 多少あるかもしれない。乳化燃料を使用すると, 水の蒸発潜熱により火炎温度が低下するため, サーマルNOxが減少する。水分添加率が少ないとき, 低負荷でNOx濃度が高いのは, 回転数が低いため高温における燃焼ガスの滞留時間が長いことによると考えられる。水分添加率を増すことによるNOx濃度の低下が低負荷の場合に著しいのは, 1回当りの燃料噴射量が少なく, 後述のように水分添加による着火遅れが長くなるため, 狭い予燃焼室における予混合燃焼の比率が大きくなり, 余剰酸素と結合する機会が減少するためと推定される。

5.4.2 一酸化炭素

排気ガス中のCO濃度は, 図11, 図12のように, 軽油

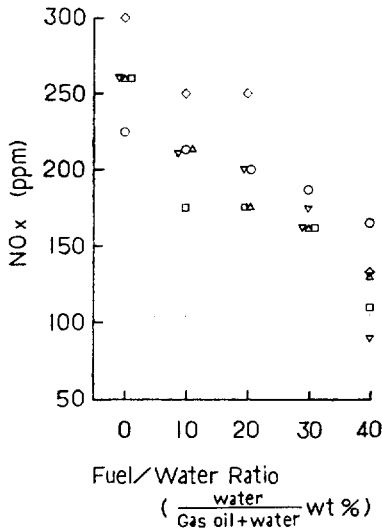


図9 水分添加率とNOx濃度の関係
NOx in exhaust

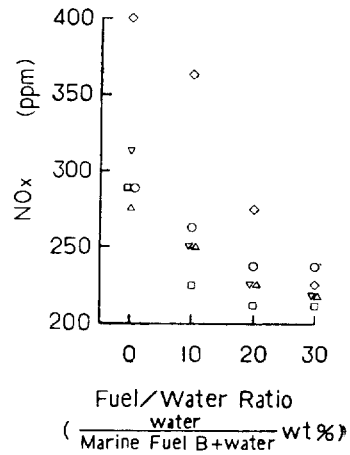


図10 水分添加率とNOx濃度の関係
NOx in exhaust

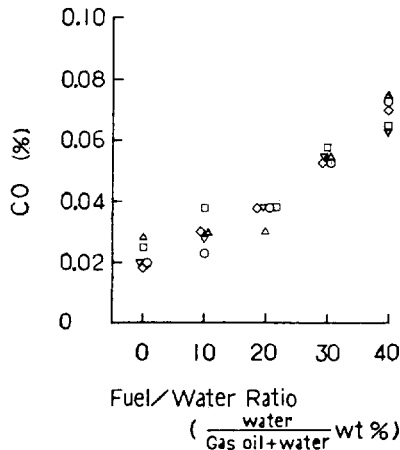


図11 水分添加率とCO濃度の関係
CO in exhaust

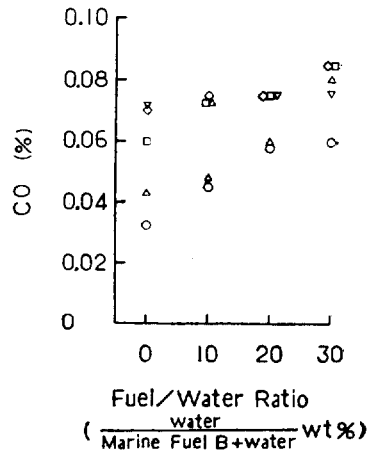


図12 水分添加率とCO濃度の関係
CO in exhaust

使用時およびB重油で高負荷のときには、水分添加率の増加とともに急激に高くなる。大形機関では、乳化燃料を使用して燃焼の改善を図った場合にはCO濃度が低下する¹²⁾が、供試機関のような小形機関では、低速とはいえ大形機関にくらべ回転数が高いため、前述の水溶性ガス反応により生じたCOの一部が完全に燃焼を終える前に排出されることにより、濃度が上昇するものと思われる。

B重油を使用して低負荷のときは、水分添加率の少ない場合でもかなり高濃度のCOを排出している。これは、機関の温度が低く燃焼に時間を要する燃料のため、不完全燃焼によるCOを多く発生したものと思われる。

5.4.3 未炭化水素

排気ガス中のHC濃度をプロパン(C₃H₈)に換算して図13、図14に示す。COと同様に、軽油の場合とB重油の高負荷時は水分添加率に比例してHC濃度は急激に上昇する。また、水分添加率の少ないB重油による低負荷運転時には高濃度のHCを排出している。水分を添加した場合、後述のように燃料噴霧の貫徹力が増大するため、噴霧が予燃焼室壁に付着して冷却されることや、燃焼温度や燃焼室壁面温度の低下のために、熱分解生成物の一部が未燃焼のまま排出されること¹³⁾などによりHC濃度が上昇したものと思われる。B重油使用における低負荷時は、図4でも軽油の場合と異なり水分添加率20wt%まで燃費率の改善がみられないように、不完全燃焼によ

るHCが多量に排出されたものと推定される。

5.5 着火遅れ

各水分添加率におけるインジケータ線図の一例を図15に示す。水分添加率の増加とともに燃料の気化潜熱が大きくなり、予燃焼室が冷却されるため物理的な着火遅れが長くなる。通常の運転では、着火遅れは0.3~3ms¹⁴⁾とされているが、図16、図17のように軽油の場合は水分添加率40wt%以上で、B重油では30wt%以上でこの値を越える。

5.6 燃焼室内最高圧力

燃焼室内最高圧力は、図18、図19のように着火遅れ時間の増大による予混合気生成量の増加のため、水分添加率の増加とともに上昇し、同時に圧力上昇率も高くなるため水分添加率20~30wt%以上ではノッキング音を生じる。しかし、着火遅れがさらに延びると、図15からもわかるようにピストンが上死点を過ぎ下降を始め燃焼室容積が増大した後に着火するため、燃焼室内最高圧力はピストン速度の遅い低負荷時の一部を除き、水分添加率30~40%をピークとして以後は低下する。

5.7 考察

予燃焼室タイプの小形漁船機関において水分添加燃焼

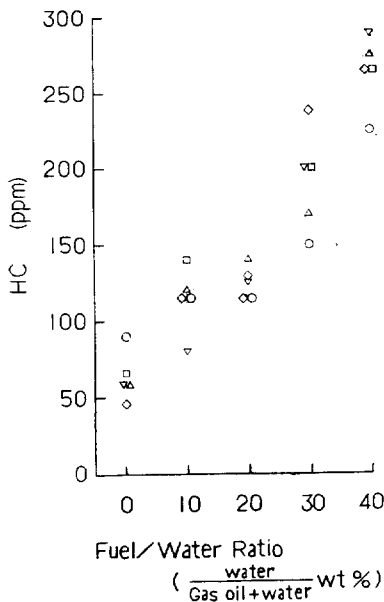


図13 水分添加率とHC濃度の関係
HC in exhaust

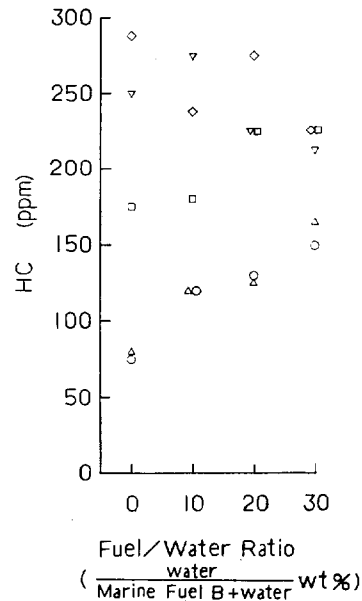


図14 水分添加率とHC濃度の関係
HC in exhaust

を行なった場合、100%負荷のとき軽油では4.7%、B重油では12.9%の燃費率の低減が得られた。ディーゼル機関に乳化燃料を使用することで、燃費率の低減が得られる理由として次のことがあげられる¹⁵⁾。①乳化燃料中の水粒子が高温中に噴射されることによる急激な体積膨張、即ち水蒸気爆発効果による油滴の微細化、②粘度の増加による噴霧の貫徹力の増力、③噴霧の運動量の増加による噴霧束内への空気のみき込み効果、④水の含有による噴霧内の局所空気過剰率の増大、⑤着火遅れの増加による予混合燃焼量の増加、⑥燃焼温度の低下および輝炎の減少による冷却損失の低減、⑦燃焼温度の低下による燃焼時の熱解離の抑制、⑧水分の蒸発による生成ガスのモル数の増加。⑨その他物理的・化学的反応。一方燃料消費率を増加させる要因として、水の蒸発潜熱による

吸熱反応のための乳化燃料の発熱量の低下があげられる。このうち、ボイラにおいて乳化燃料使用による燃焼改善の主力とされている⁹⁾ ①の水蒸気爆発は、ディーゼル機関の燃焼室のような高圧下ではあまり期待できないとの説¹⁶⁾もあり、②噴霧の貫徹力や③運動量の増加による空気との接触の機会の増加も、予燃焼室タイプの小形機関ではあまり効果的とは思えない。従って、主として④以下の効果により、燃料ポンプ吐出量が水分添加量だけ増大するため噴射期間が延長になるにもかかわらず、燃焼期間が短縮してあと燃えが少なくなり、等容度の改善がなされたことにより燃費率が低下したものと思われる。

また、B重油の場合、水分添加率の少ないときは高負荷で排煙濃度に、低負荷ではCOやHC濃度にみられるよ

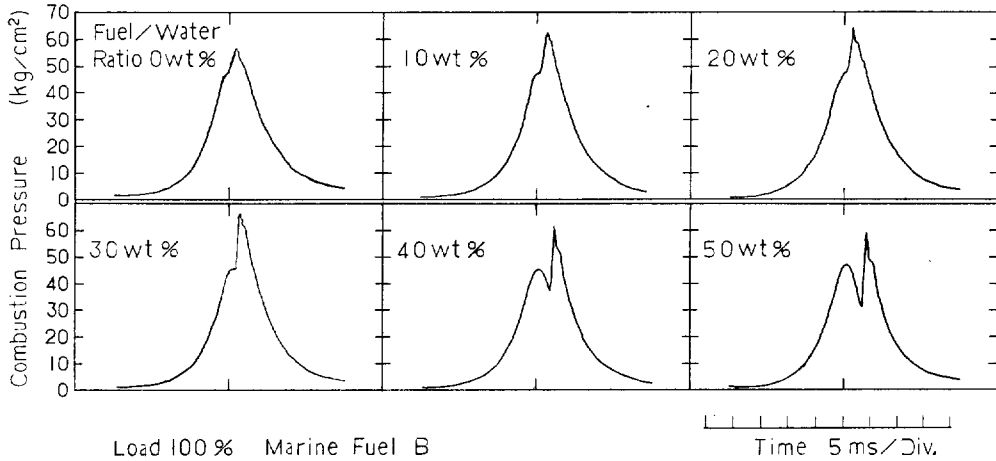


図 15 乳化B重油のインジケータ線図
Combustion pressure

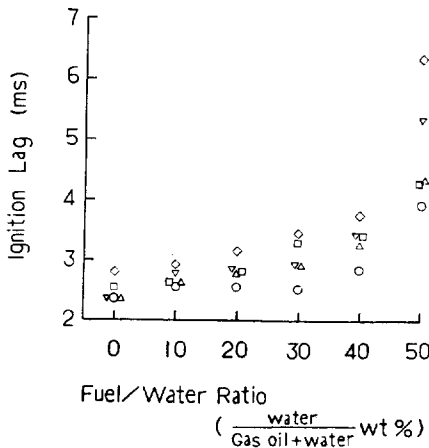


図 16 水分添加率と着火遅れの関係
Ignition lag

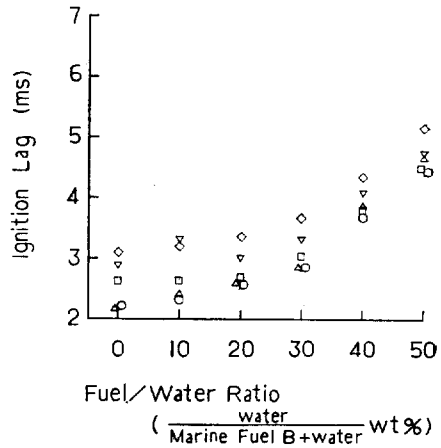


図 17 水分添加率と着火遅れの関係
Ignition lag

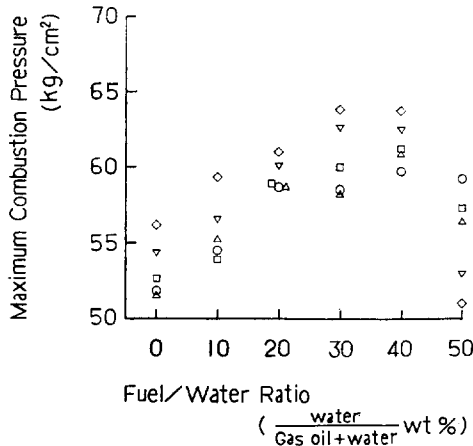


図 18 水分添加率と燃焼室内最高圧力の関係
Maximum combustion pressure

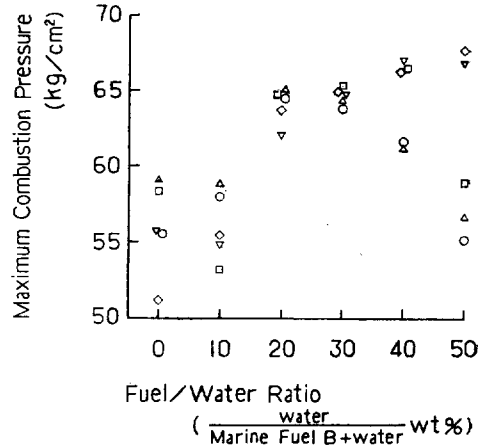


図 19 水分添加率と燃焼室内最高圧力の関係
Maximum combustion pressure

うに燃焼状態が悪く、燃焼時間が長いことにより燃費率が高い値を示していたため、軽油にくらべ水分添加による燃焼改善の効果が大きく表われたものと思われる。

しかし、水分の助けによる燃焼の改善にも限度があり水分添加率を増大すると燃料の発熱量の低下も生じるため、燃費率の下限が存在する。その値は乳化軽油の場合、高負荷では水分添加率 30~40wt% に、低負荷では 10~20wt% に表われ、B 重油では 40~50wt% の所であった。

6. 燃料噴射位置の影響

水分添加燃焼を行なうと、燃料噴射期間が延び着火遅れが長くなるにもかかわらず、燃焼時間が短縮し後もえが減少するため、燃費率が改善される。燃料噴射位置を適当に選ばざらに燃焼の改善が可能になるものと考え次の実験を行なった。すなわち、燃料噴射位置を基準の 10deg. B.T.D.C. から 17.5deg. B.T.D.C. まで 2.5deg. 毎に変化させ、高負荷 (100%, 8 PS {5.89kW}) と低負荷 (50%, 4 PS {2.94kW}) について水分添加率を 0 wt% から 50wt% まで 6 段階にとり、運転を行なった。以下にその結果を示す。水分添加率と図中の記号の関係は、表 5 の通りである。

表 5 水分添加率と図中の記号
Water concentration and mark

水分添加率 Water	0 wt%	10wt%	20wt%	30wt%	40wt%	50wt%
記号 Mark	○	△	□	▽	◇	×

6.1 燃料消費率

燃料消費率と燃料噴射位置の関係を図 20 に示す。軽油の場合は明瞭な関係は得られない。一方、B 重油使用時は水分添加率にかかわらず、低負荷では噴射位置を早めると燃費率が悪化し、高負荷では 12.5~15deg. B.T.D.C. に燃費率最良の点が存在する。

6.2 排気温度

排気温度と燃料噴射位置の関係を図 21 に示す。軽油の場合、燃料噴射位置を早めると 15deg. B.T.D.C. まで排気温度は低下するが、17.5deg. ではやや上昇する。一方、B 重油使用時は、低負荷では明瞭な関係はみられないが、高負荷では軽油と同様に 15deg. まで低下する。

6.3 排煙濃度

排煙濃度と燃料噴射位置の関係を図 22 に示す。いずれの場合も、噴射位置を早めることで排煙濃度は上昇する。特に B 重油の場合はその傾向が著しいが、水分添加率を増加することによる排煙濃度の低減は可能である。

6.4 着火遅れ

着火遅れと燃料噴射位置の関係を図 23 に示す。燃料噴射位置を早めると、予燃焼室内の圧縮空気の温度が低い

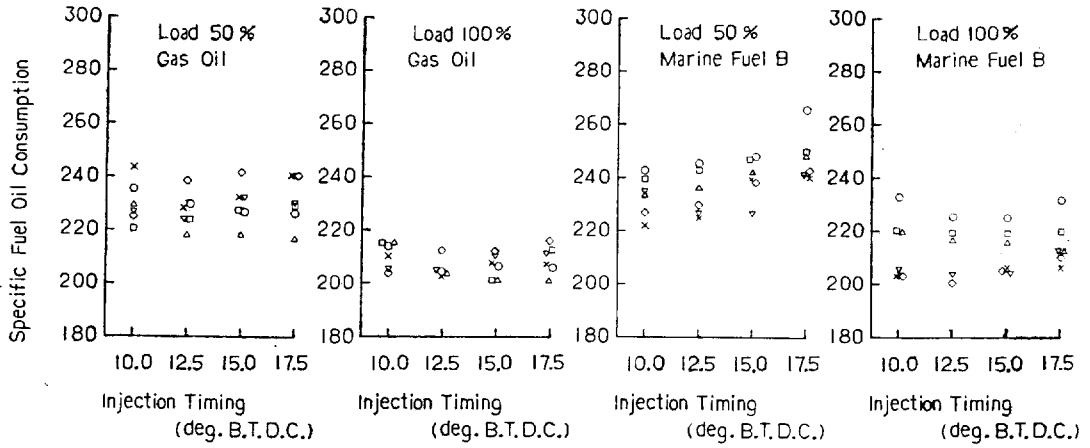


図 20 燃料噴射位置と燃費率の関係
Specific fuel oil consumption

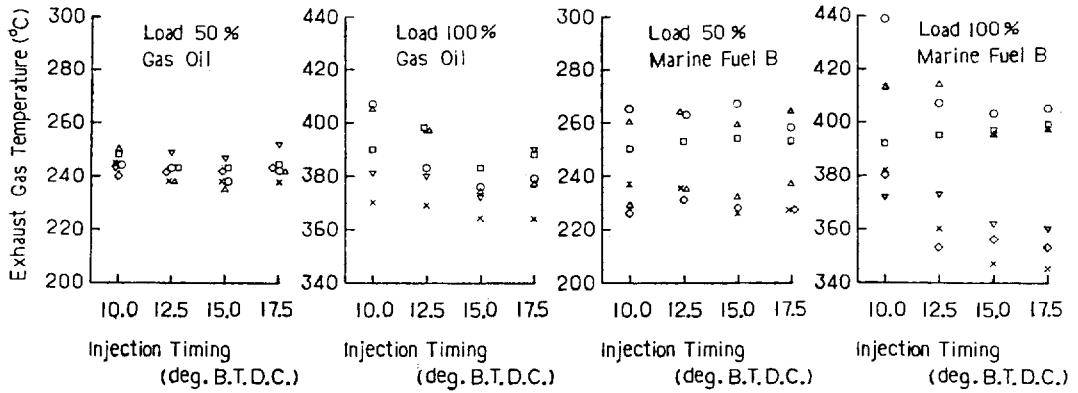


図 21 燃料噴射位置と排気温度の関係
Exhaust gas temperature

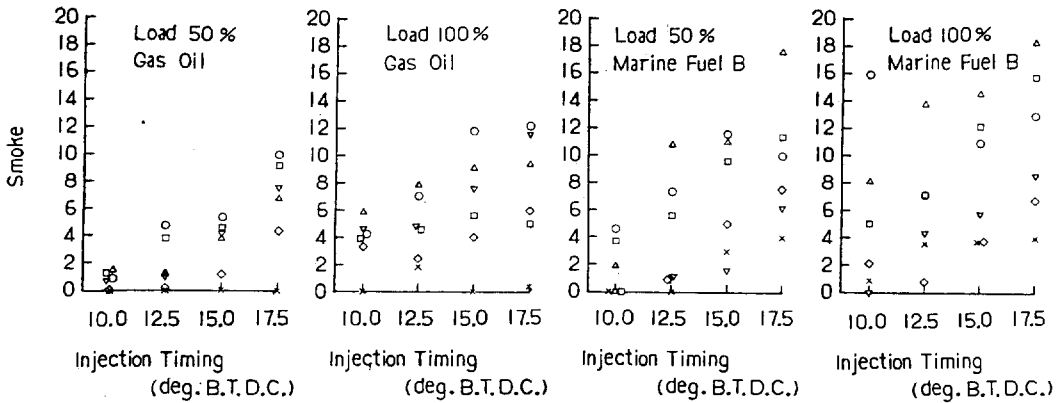


図 22 燃料噴射位置と排煙濃度の関係
Smoke in exhaust

段階で燃料が噴射されるため、物理的な着火遅れが長くなる。

6.5 燃焼室内最高圧力

燃焼室内最高圧力と燃料噴射位置の関係を図24に示す。着火遅れの増加とともに、この間に形成される予混合気が増大するため、燃焼室内最高圧力および圧力上昇率が高くなる。特に水分添加率の多いときはディーゼルノックを生じる。

6.6 考察

燃料噴射位置を早めることにより、一部に燃費率の改善がみられたのは、着火遅れが長くなり予混合燃焼部

分が全体に占める割合が多くなることにより、燃焼時間が短縮され有効仕事が増加するためと考えられる。ところが、同時にこのことは燃焼が衝撃的となるため、予燃焼室噴口における絞り損失や機械損失の増加を招くことにもなる。従って、燃料油種、水分添加率、負荷率のそれぞれの組み合わせ毎に適正な燃料噴射位置が存在する。しかし、予燃焼室タイプの特長として、燃料系統が機関の性能に及ぼす影響が小さく、軽油の場合には明瞭な効果はみられなかった。

一方、着火遅れの増加による予混合燃焼の割合の増大は、燃焼室内最高圧力の上昇と圧力上昇率の増大を招く。特に水分添加率の大きいときはこの傾向が強いため、ノッキング音を生じ、機関に対する衝撃が大きく機

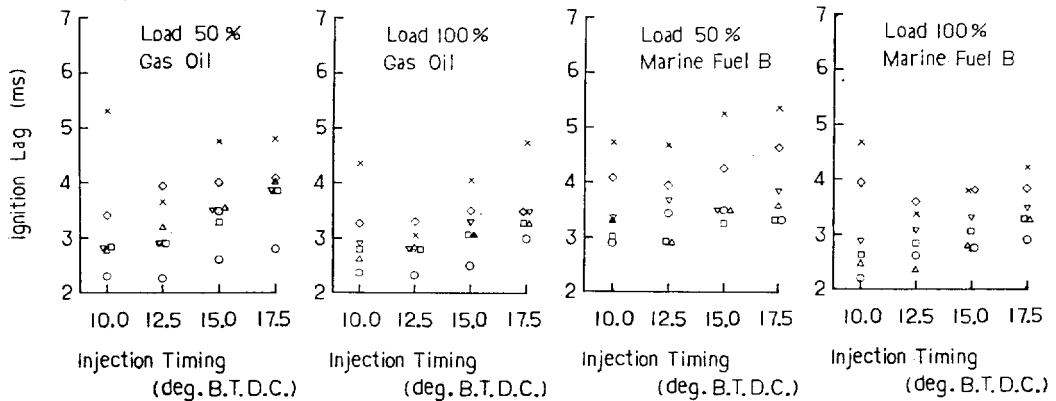


図 23 燃料噴射位置と着火遅れの関係

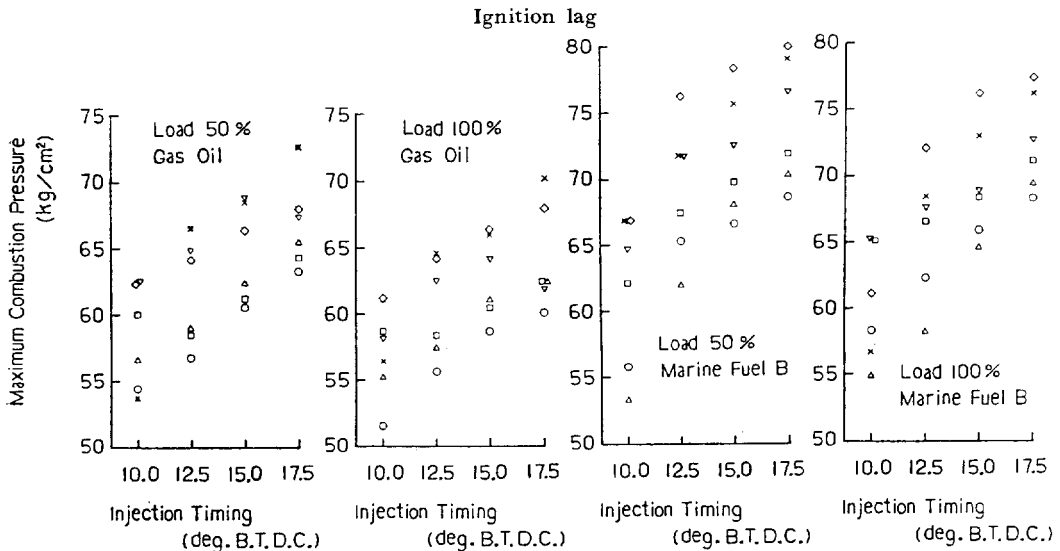


図 24 燃料噴射位置と燃焼室内最高圧力の関係

Maximum combustion pressure

械的強度に悪影響を及ぼす。

燃焼噴射位置を早めると排煙濃度が上昇した。ディーゼル機関の黒煙は、主として拡散燃焼期間において発生し、直接噴射機関では着火遅れが増大し、予混合燃焼期間の割合が増大することで排煙濃度は低下する¹⁶⁾。しかし、予燃焼室機関では、クランク角度に対して噴射時期が早すぎると予燃焼室のガス流が非常に早いため空気との混合が良くなり、狭い予燃焼室の全体で同時に混合比の非常に小さい状態で燃焼が行なわれる。従って、余分の燃料が熱分解を起して多量の遊離炭素が発生する¹⁸⁾こととなり水分添加率の少ない条件下では多量の黒煙が発生したと思われる。

予燃焼室機関では、燃料系統の調整による機関性能の変化が少ないが、乳化燃料を使用したときも同様のことがいえることがわかった。また、供試機関において、水分添加による燃焼の改善を図りつつ、円滑な運動が可能と思われる実用的な水分添加率の上限は30wt%程度と考えられる。

7. まとめ

小形漁船機関に低質燃料を使用するための、燃焼改善方法の一つとして、燃料に水分を添加した乳化燃料について検討を行なった。低質燃料にはB重油を使用し、比較のために軽油も用いた。水分添加率が0から10wt%毎に50wt%まで6段階の乳化B重油および乳化軽油を作製し、予燃焼室タイプの小形〔I〕低速機関で運転を行なった。その結果次のことが判明した。

①乳化燃料を作製後静置すると、乳化軽油の場合は短時間でクリーミングを生じた。この場合、沈殿した部分の水分は約50vol%となる。一方、乳化B重油の場合は凝結を生じるが、クリーミングは生ぜず、軽油にくらべ安定したエマルジョンが得られた。

②乳化燃料を使用することで燃費率の改善が得られた。100%負荷のとき、水分無添加の場合に比べ乳化軽油では水分添加率40wt%で燃費率が4.7%低下、燃焼状態の悪いB重油では水分添加率50wt%で燃費率12.9%の低下が得られた。

③乳化燃料を使用することで、排気温度、排煙濃度の低下が得られた。

④排気ガス分析を行なったところ、水分添加率にはほぼ比例してNO_x濃度は低下したが、COとHC濃度は逆に上昇した。

⑤水分を添加すると燃料の気化潜熱が大きくなるため、着火遅れが長くなり、予混合燃焼の割合が増大するため圧力上昇率が大きくなり、水分添加率20~30wt%

以上ではノッキング音を生じる。燃焼室内最高圧力も上昇するが、水分添加率40~50wt%では着火遅れがさらに長くなりピストンが下降をはじめた後に着火するため、逆に低下する。

⑥燃料噴射位置を変更することによる燃費率改善の効果は大きくなかった。また、燃料噴射位置を早めることにより着火遅れの増加、燃焼室内最高圧力の上昇、排煙濃度の上昇が生じた。

⑦供試機関における実用的な水分添加率の上限は30wt%程度と考えられる。

8. あとがき

小形漁船機関に低質燃料を使用する場合、水分を添加して乳化燃料とすることで燃焼の改善を図ることが可能であり、軽油なみの燃費率が得られることが判明した。

ディーゼル機関の場合は、フランジヤや燃料弁、軸受やシリンダライナとピストンリングなど、重要な摺動部分を多く有するため、これらに対する水分の悪影響が心配される。本実験は短時間運転のため、乳化燃料が機関の耐久性に及ぼす影響は判明しなかったが、別に乳化B重油による長時間運転を実施しているのので、追って結果を報告したい。

本稿をまとめるに当ってご指導を賜った。東京漁業技術代表取締役草間喜代松氏に深謝する。また、排気ガス分析は(株)堀場製作所東京支店松本興一氏のご協力により可能となったものであり、燃料の性状分析は全漁連油質研究所富越皓祐氏にお願いした。ここに記して深謝する。

参考文献

- 1) 水産庁:昭和55年度漁業の動向に関する年次報告, 第94国会(常会)提出, 1981
- 2) (社)漁船機関士協会:漁船の省燃油機器開発研究事業に関する報告書(漁船機関代替燃油実用化試験) 1981
- 3) (社)漁船協会ほか:かつおまぐろ漁船省エネルギー対策研究会報告書, 1981
- 4) A重油にC重油をブレンド, 以西底引で採用へ, 水産経済新聞, 1981. 7. 1
- 5) 小田健一:漁船機関におけるA/Cブレンド油の使用について, 水産工学研究所報告, 2号, pp.75~93, 1981
- 6) 井原博之:乳化燃料, 三菱石油技術資料, 53号, pp.48~53, 1979
- 7) 倉沢二郎・大西敏春:船用ボイラにおける水注入燃焼について, 日本舶用機関学会誌, 15巻, 2号,

- pp.204~209, 1980
- 8) 岡本哲：中小形中速機関と低質油について，日本船用機関学会誌，15巻，2号，pp.214~220, 1980
 - 9) Sherman P: Emulsion Science, Academic Press Inc. (London) Ltd., 1968
 - 10) 大形ディーゼル研究委員会：船用機関の呼称区分の統一について，日本船用機関学会誌，13巻，7号 pp.506~507, 1978
 - 11) 渡辺敏行：排気ガス中のイオウ酸化物規制について，船用機関，44号，pp.75~89, 1977
 - 12) Taylor. D.H.: Exhaust Emissions from Medium Speed Diesel Engines, Preprint of ISME TOKYO, 1978
 - 13) 古浜庄一：HC生成とその対策，内燃機関，14巻，162号，pp.16~22, 1975
 - 14) Lyn W.T. and Valdmain E.: Proc. Inst. Mech. Engrs. Pt. 2A, pp.34, 1966
 - 15) 村山正・塚原実・吉本康文：ディーゼル機関に水エマルジョン燃料を適用した場合の燃焼促進効果に及ぼす燃料性状の影響，内燃機関合同シンポジウム講演論文集，pp.19~24, 1979
 - 16) 三橋一哉ほか5名：乳化燃料のディーゼル機関適用に関する研究，三菱重工技報，15巻，2号，pp.1~8, 1978
 - 17) 鈴木孝・小林昭夫：圧縮着火機関の黒煙，内燃機関，14巻，162号，pp.60~71, 1975
 - 18) 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

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

By

Ken'ichi ODA and Toshio YAMADA

Summary

One of the results of continuously rising oil prices in the last few years has been increasing importance to reduce specific fuel consumption of fishing boat's engine and to burn heavier low grade fuel for saving fuel cost.

Oil/water emulsified fuel has been taken interest as the method of reducing NOx emission and making better combustion on the boiler.

So, for improving the performance of a pre-combustion type small-sized fishing boat diesel engine, emulsified gas oil and emulsified Marine fuel B were used (Marine fuel B: viscosity Red.1 200sec. at 100°F). A range of oil/water content were chosen from 0wt% to 50wt% at intervals of 10wt%. Engine tests were undertaken at 25%, 50%, 75%, 100% and 110% load and compared engine performance for several water contents.

Figure 3~24 show the effect of oil/water emulsified fuel on engine performance. The emulsified fuels are able to reduce the specific fuel consumption and emulsified Marine fuel B can obtain specific fuel consumption almost the same as gas oil or emulsified gas oil (Fig. 3, 4).

At high power the emulsified fuels fall the exhaust temperature (Fig. 5, 6). The emulsified fuels reduce smoke in the exhaust and emulsified Marine fuel B are more remarkable (Fig. 8, 9). Results of exhaust emission analysis, emulsified fuels reduce NOx in exhaust but increase CO and HC (Fig. 9~14). Combustion pressure at several water contents show Fig. 15. Emulsified fuel make longer ignition lag (Fig. 16, 17) and increase maximum combustion pressure and peak pressure obtain at oil/water ratio 30~40wt% (Fig. 18, 19).

Using emulsified fuel we were able to make better combustion of heavy low grade fuel on small-sized fishing boat engine. But we are not yet available the bad influence of water in fuel for engine parts for example corrosion of fuel system. So it is necessary to make sure the effect of emulsified fuel for maintenance of engine.