

## 軽油・水・メタノール混合燃料のディーゼル機関性能に 及ぼす影響\*

藤田尚毅\*\*, 永倉喜一郎\*\*\*, 角掛 繁\*\*\*\*

### The Effect of Gas Oil-Water-Methanol Emulsified Fuel on Diesel Engine Performance

Naotaka FUJITA, Kiichirou NAGAKURA, and Shigeru TSUNOKAKE

In this paper, we give an account of the studies of gas oil-water-methanol stable emulsified fuel, and the influence of this fuel on pre-combustion type 4-cycle diesel engine performance. By selecting a suitable surfactant and exposing the emulsion to supersonic waves, the authors succeeded in preparing a stabilized gas oil-water-methanol emulsion. By making use of this emulsified fuel,  $\text{NO}_x$  concentration and smoke in the exhaust gas from the diesel engine were decreased. In the test range, the influence of the water in the emulsion on the engine performance was greater than that of methanol. Moreover, we investigated the influence of a change in the fuel injection timing.

**Key Words:** Internal Combustion Engine, Emulsified Fuel, Alcohol, Diesel Engines, Gas Oil-Water-Methanol Emulsion

#### 1. 緒 言

アルコールが内燃機関の代替燃料として注目されており、特にガソリン機関では一部実用段階にまで至っているが、ディーゼル機関においては、その低セタン価によって生じる着火性などの問題を解決しなければならぬ。そのために宮本ら<sup>(1)</sup>による渦室式機関にグロープラグやスパークプラグを装着した強制着火方式や、近久ら<sup>(2)</sup>のアルコールを吸気管から導入し、シリンダ内に少量の軽油を噴射する気化ディーゼル方法や村山ら<sup>(3)</sup>の予燃焼室にアルコール噴射に先立ってセタン価の高い燃料をパイロット噴射する方式などが考えられ成果を収めている。これらの方法によれば機関燃焼室自体に何らかの改造や補助装置が必要になる。しかし、アルコールをディーゼル燃料に混合させたエマルジョン燃料として供給する方法によれば、従来の機関にそのまま利用することが可能であることから、今後のアルコール燃料の過渡的段階における利用法とし

ては、その相分離を解決することができればアルコールをディーゼル燃料に混合した燃料が有効であると考えられる。たとえば、山田ら<sup>(4)</sup>はエタノール A 重油混合燃料を用いることによって、燃費や吐煙、 $\text{NO}_x$  濃度を一定の負荷領域で低減させることができると報告している。

一方、ディーゼル機関から排出される  $\text{NO}_x$  などの排気汚染物質低減化のための一方法として、吸気系への水噴射<sup>(5)</sup>や、水・軽油エマルジョン燃料<sup>(6)</sup>による水添加燃焼についての研究も多く、その効果も報告されている。しかし、ディーゼル燃料に加えた水およびアルコールの両者についての相互的な関係についてはほとんど行われていないようである。

以上のようなことから、本研究では、ディーゼル燃料に混合した水およびアルコールが機関性能に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、軽油・水・メタノールを混合した安定なエマルジョンを作製し、これを予燃焼室式ディーゼルエンジンに供給して実験を行った。

#### 2. エマルジョン燃料について

燃料としては軽油にメタノールおよび水を加える割合を変化させて混合したものを用いた。各エマルジ

\* 昭和61年11月24日 関西支部第246回講演会において講演, 原稿受付 昭和61年4月25日.

\*\* 正員, 岩手大学工学部 (〒020 盛岡市上田4-3-5).

\*\*\* 正員, 一関高等工業専門学校 (〒020 一関市萩荘).

\*\*\*\* 正員, 日本重化学工業(株) (〒103 東京都中央区日本橋小網町8-4).

ン燃料は、超音波法<sup>(7)</sup>によって作製した。照射した超音波の周波数は 25 kHz, 出力は 100 W である。作製したエマルジョンについてはそれぞれ略号で表した。たとえば, G 80 W 12 M 8 はエマルジョン燃料中において軽油, 水, メタノールの占める体積割合が, それぞれ 80, 12, 8% という意味である。また, たとえば軽油がエマルジョン燃料中の 90% を占めている燃料を総称して, G 90 エマルジョンとする。

軽油・水あるいは軽油・メタノールのエマルジョン化は比較的簡単であるが軽油, 水, メタノールの三者を混合してエマルジョン燃料にするには, 通常では非常に困難であるため, その製作・保存には適当な乳化

剤が必要となる。そこで, 最初軽油・水および軽油・メタノールエマルジョンに対して最適な乳化剤を, 各種の HLB 値<sup>(8)</sup>(親水性と親油性のバランス)を有するものの中から選定するために, 水の混合割合(水/エマルジョン燃料)および, メタノールの混合割合(メタノール/エマルジョン燃料)が, それぞれ 10% のエマルジョンについて, その混合安定性について調べた。

その結果, 軽油・水に対しては, HLB 値=4.3 の非イオン系乳化剤イオネット S-80(三洋化成工業製)が, また軽油, メタノールに対しては, HLB 値=1.8 のイオネット S-85 が最適であった。この結果を利用して, 最適な HLB 値を選定するために, 上記 2 種類の乳化剤を混合させて作製した HLB 値=1.8~4.3 の乳化剤を 2% (重量)添加して, G 90, G 80, G 70 のエマルジョンを作製し, その安定性と分離の様子を調べた。その観察結果を G 80 W 12 M 8 を例にとって図 1 に示す。

図 1 において, HLB 値=3.1 と 3.3 のときには, 2 h 以内では全く分離が認められず, 2 h 程度では分離を生じないような安定性を保っているが, HLB 値がそれよりも大きいとエマルジョンの上層および下層に分離が生じ, また 2.8 以下のものではエマルジョンの下層に分離が生じた。以上のような方法で各混合割合のエマルジョンについて行った結果, 図 2 に示すような HLB 値の範囲において, 2 h 程度では分離を生じないような安定性の大きい軽油・水・メタノールエマルジョンを作製することが可能となった。

3. 実験装置および方法

本研究において使用した機関は, 水冷横型無過給の渦流形予燃焼室式四サイクルディーゼルエンジンである。表 1 に供試機関の主要諸元を示す。

機関の運転は, 回転数を 1500 rpm 一定とし, また冷却水出口温度を ±2°C に調節し, 吸入空気は大気解放として, 測定結果は大気温度および相対湿度によっ

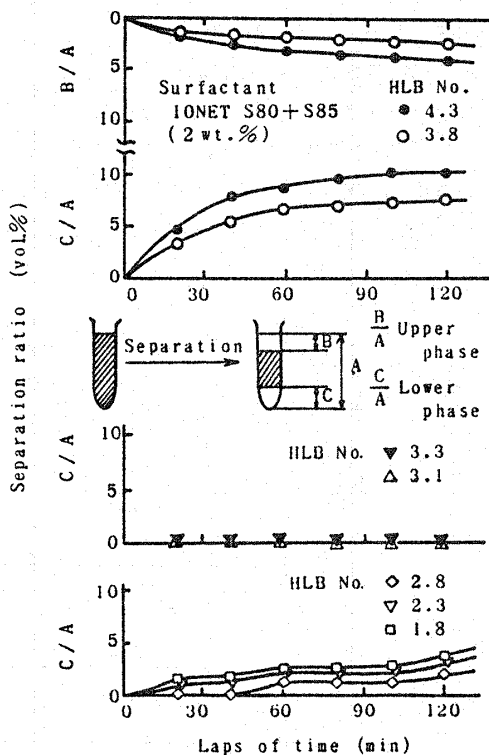


図 1 HLB 値による相分離(G 80 W 12 M 8 の場合)

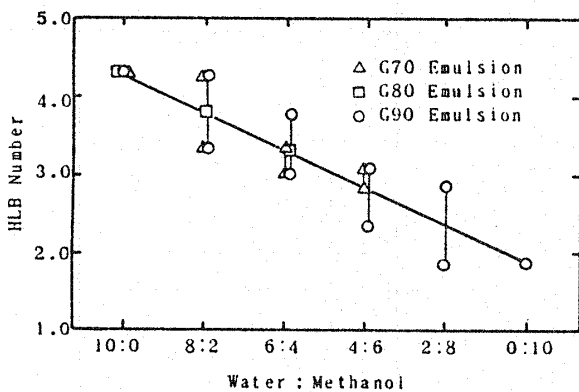


図 2 各エマルジョンに適合する HLB 値

表 1 供試機関主要諸元

Engine model	YANMAR NS-90
Combustion chamber type	Pre-chamber
Bore × stroke	85 × 90 mm
Number of cylinder	1
Displacement	510 cm <sup>3</sup>
Compression ratio	21.0
Rated power	5.88Kw/2200rpm
Injection nozzle	Pintle nozzle
Nozzle opening press.	13.7 MPa

て標準状態に補正した。

排気ガス中の NO<sub>x</sub> の濃度には、CLD(HORIBA・CLA-11), CO 濃度には NDIR(HORIBA・MAXA-201 F), HC 濃度には、FID(YANACO・HCG-12 EX) をそれぞれ使用した。また、スモーク濃度は紙反射式スモークメータ(ディーゼル機器・DSM-10 B)によって測定した。排気ガス用のサンプリングプロブは、排気系統の途中に設けた排気サージタンクに装着し、サンプリングに際しては同時に2種以上の吸入を避け、それぞれの相互干渉による測定誤差が生じないようにした。また、スモーク用サンプリングプロブは、排気管に直接挿入した。

燃料は前述のようにして作製したエマルジョン燃料を使用し、その燃料の混合状態を実験中においても、燃料系統途中から少量のエマルジョンをサンプリングして、遠心分離によってその均一性を確認した。

また本実験では、エマルジョン燃料中の水およびメタノールの混合量の増加に伴い、燃料タンクからエンジンに供給される間に、ミクロ的に分離が開始することによるエンジン回転数の変動を防ぐために、小形超音波照射装置を考案、作製し、噴射ポンプ直前に取付けた。これによって噴射直前のエマルジョンに、再度

28.5 kHz, 8 W の弱い超音波振動を照射し、エマルジョンの微粒化均一化をはかるものである。この振動子には冷却の必要がないフェライト磁わい振動子を使用し、これにステンレス製の単純エキスポネンシャルホーンを装着して照射器とした。

#### 4. 実験結果および考察

軽油・水・メタノールエマルジョン燃料による実験に先立って、エマルジョン中に含まれる乳化剤の影響について検討した。軽油に乳化剤のみを、エマルジョン作製に使用した時と同量の2%を添加した場合に、その影響は燃料消費率、排気ガス特性およびスモーク濃度に対して全く見られず、軽油のみの時とほとんど変化がなかった。また、供試機関の始動性についても、本実験範囲内のあらゆる混合割合のエマルジョンにおいて悪化することなく、スムーズに始動した。

4.1 エマルジョン燃料による影響 負荷条件は、正味平均有効性(BMEP)=0.3 MPa 一定の、比較的中負荷域で燃料噴射時期 15.8°CA. BTDC 一定として行い、水およびメタノールがエマルジョン中に占める

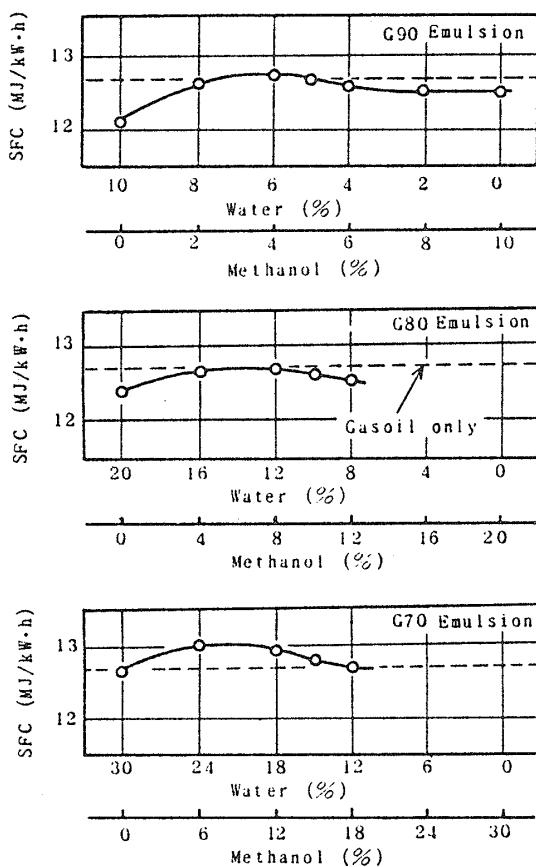


図3 各エマルジョンによる燃料消費率への影響

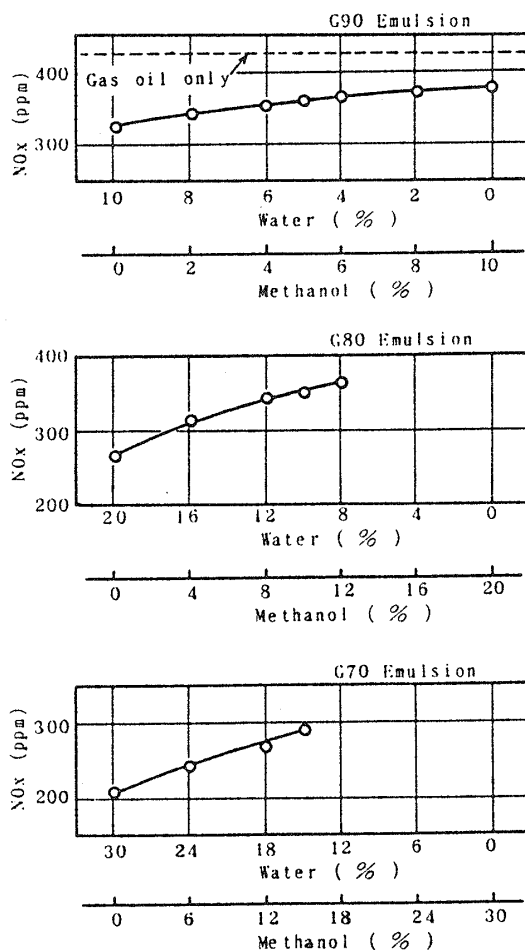


図4 各エマルジョンによるNO<sub>x</sub>濃度への影響

割合を10%(G90), 20%(G80), 30%(G70)とそれぞれ変化させて、作製可能であったすべてのエマルジョン燃料について実験した。図3は、エマルジョン燃料の発熱量に換算した燃料消費率(SFC)に及ぼす影響について示したものである。図3中の破線は軽油のみの値である。水だけ混合した場合が着火遅れの増大<sup>(6)</sup>や、燃料噴霧運動に及ぼす水の影響<sup>(7)</sup>などのエマルジョン効果が最も大きく現れたものと思われ、この場合G90エマルジョンで最も燃料消費率が低減されている。これにメタノールが加わると燃料消費率は増加し、各エマルジョンにおいていずれもメタノールは6%程度の混合割合で最大となり、さらに増加すると再び低減する傾向を示す。

また、水が加わっていない軽油・メタノールの場合についてはG90エマルジョンについてしか行わなかったが、軽油のみの時よりも幾分低い値を示している。

エタノール・A重油相溶燃料の場合<sup>(4)</sup>では、低中負荷域におけるエタノール混合は燃費率を悪化させているが、溶解系から分散系燃料にすることにより中高負荷域で若干改善されており、本実験の場合メタノール・軽油の組合せであるが、分散系燃料であるため同

様の効果が出ているものと考えられる。

図4は、NO<sub>x</sub>濃度の変化について示したものである。図中、破線は軽油時の場合であり、エマルジョン燃料にするといずれもNO<sub>x</sub>濃度が低減している。水の場合が最も少なく、水の添加量が増すほど、NO<sub>x</sub>の排出量が減少する。これにメタノールを加え水の量を減じていくと、排出量が増加していく傾向が現れている。軽油・水エマルジョンにおいては、水による燃焼域の温度低下などによって、NO<sub>x</sub>濃度の低減が得られると理解されている<sup>(6)</sup>が、メタノールの混合を増加

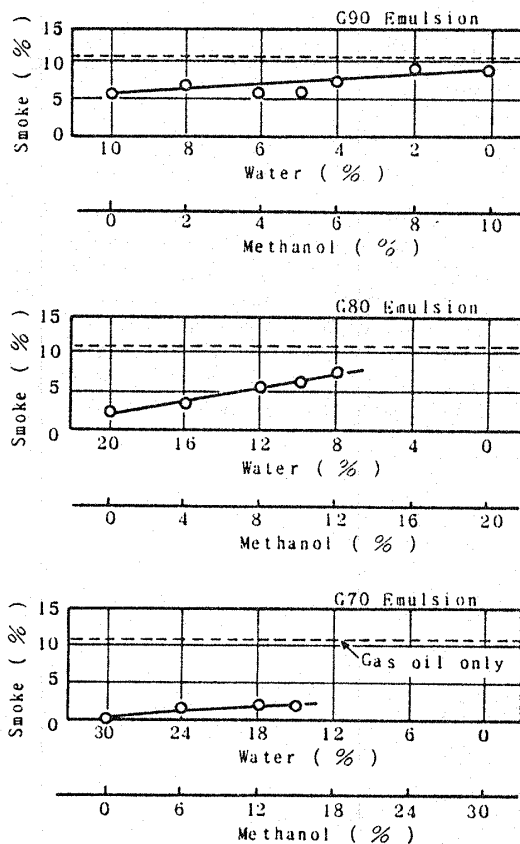


図5 各エマルジョンによるスモーク濃度への影響

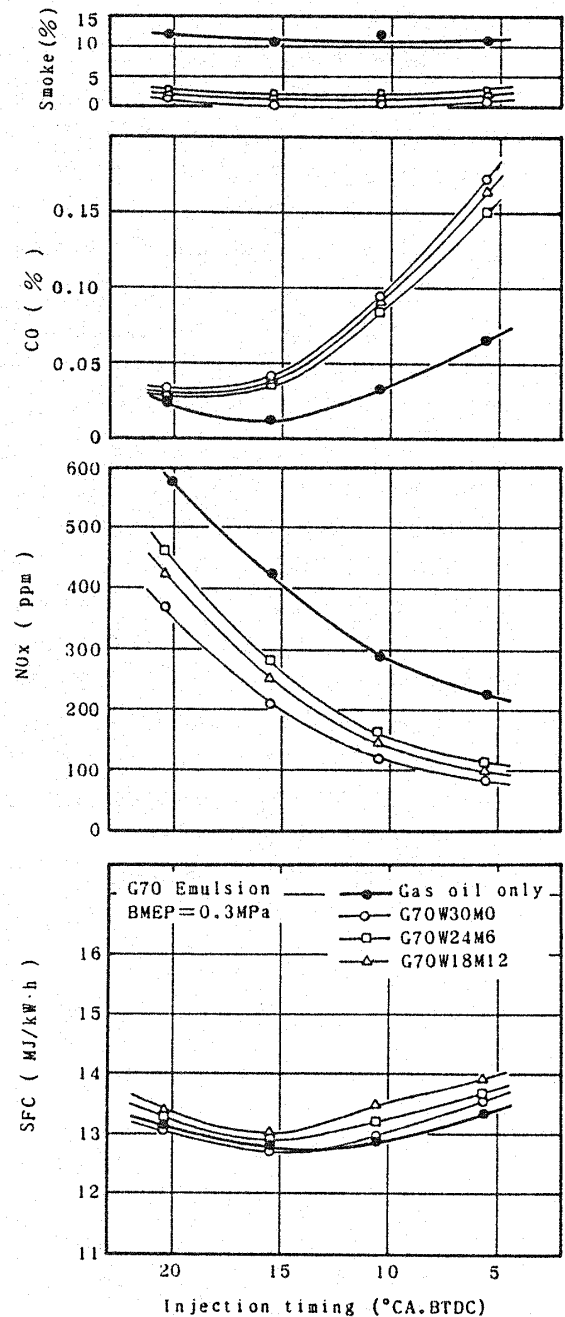


図6 各エマルジョンの噴射時期による影響

させていくにつれて、水の気化潜熱の減少と、メタノールの発熱量のために、燃焼温度の低下効果が小さくなるため  $\text{NO}_x$  濃度が増加する傾向を示すものと思われる。

図5は、スモーク濃度の変化について BOSCH 方式(反射式)で測定した結果を示したものである。ここでも、水混合の効果のほうが大きく現れており、メタノールを加えていく(水の混合割合が減少する)につれて吐煙が増加し、図4と同様の傾向を示している。

以上の  $\text{NO}_x$  および吐煙濃度の変化に対し、CO 濃度および HC 濃度は、水・メタノールの混合によっても大きな変化を示さなかった。

**4.2 燃料噴射時期による影響** エマルジョン燃料やブレンド燃料を使用する場合は、その着火遅れや、燃料時間が変化し<sup>(4)</sup>、そのために燃料消費率や排気ガス特性において最適な噴射時期についても検討する必要があることから、本実験ではフューエルカムをスプライン形式に改造して、燃料噴射時期を変え得るようにして行った。その結果を図6に示す。実験は  $\text{BMEP}=0.3 \text{ MPa}$  一定とし、また燃料は G70 エマルジョン燃料を用い、その中の水とメタノールの混合割合を変化させた。図6中、燃料消費率については、エマルジョン燃料とすることにより、最小となる噴射時期が、軽油のみの時よりも早い時期になっている。また水だけ混合したエマルジョンでは早期噴射によって燃料消費率がわずかに軽油のみの時よりも下まわる。軽油・水・メタノールエマルジョンでは、早期噴射および遅延噴射により増加するが、その変化の傾向は、軽油のみの変化のしかたと同じであり、各噴射時期における混合割合の影響についても、図3 G70 エマルジョンの場合と同じような変化を示したが、水・メタノールが 18:12 [%] の時、遅い噴射時期のほうで特に燃料消費率が増加する傾向となった。

$\text{NO}_x$  濃度について見ると、遅延噴射によってすべ

ての混合割合のエマルジョンについて、その低減が見られた。逆に CO 濃度は早期噴射では、幾分減少しているものの、遅延噴射では著しい増加となった。またスモーク濃度に関しては、噴射時期を変化させても、各エマルジョンともに大きな変化を示さなかった。

## 5. 結 論

本研究では、従来、その混合が困難とされていた軽油・水・メタノールエマルジョン燃料の作製を試み、さらにそのエマルジョン燃料を実際に予燃焼室式小形ディーゼル機関に使用し、水およびメタノールが、機関性能および、排気ガス特性に及ぼす影響について調べた。その結果、非イオン系乳化剤を混合させ最適な HBL 値に調合することにより、安定性の大きい軽油・水・メタノールエマルジョン燃料を作成することが可能となった。また、排気ガス特性に及ぼす水およびメタノールの影響は水混合の影響のほうが大きく、水混合割合の減少につれて、軽油のみの特性に単純に近づいていく。燃料消費率においても水混合の影響のほうが大であるが、メタノールが加わっていくにつれて、水あるいはメタノールだけ混合されたエマルジョンの燃料消費率よりも大きな値を示す領域が存在することが判明した。

最後に本実験の遂行に際し、岩手大学技官 伊藤光博氏のご助力を得たことを明記し、ここに謝意を表します。

## 文 献

- (1) 宮本・山崎・村山, 機論, 48-433, B (昭57), 1175.
- (2) 近久・ほか3名, 文献(1)の1784ページ.
- (3) 村山・宮本・近久, 機論, 47-417, B (昭56), 904.
- (4) 山田・ほか3名, 機論, 49-441, B (昭58), 1087.
- (5) 安藤, 自動車技術, 27-4 (昭48-4), 372.
- (6) 村山・ほか3名, 自動車技術会論文集, 16 (昭53), 30.
- (7) 中川・立石, 機誌, 81-720 (昭53), 1201.
- (8) 日本化学会編, 新実験化学講座 18, (昭54), 430, 丸善.