

# 二噴射・複合燃料圧縮点火機関の特性研究 (I)

## (予燃焼室内噴射)

澤 則弘\*, 堀 昭三\*, 清水伯紀\*\*,

(平成3年8月31日受理)

### A Study on Dual Injection · Dual Fuel · Compression Ignition Engine (I) (Injection into Pre-Chamber)

Norihiro SAWA\*, Shozo HORI\* and Michinori SHIMIZU\*\*

**ABSTRACT**—It is most difficult to reduce NO<sub>x</sub> and smoke of the exhaust emissions of diesel engines.

So the authors are advancing the experimental researches to reduce emissions of diesel engine with some alternate fuels, that is gas oil · water · methanol emulsified fuel, biomass fuels, its compound fuels, and so on.

In this report, we have studied so-called a dual injection · dual fuel · pre-combustion chamber diesel engine with two different injection fuel pumps, to reduce emissions. The effects of gas oil and methanol ratio, temperature of injection adapter, injection valve opening pressure, injection timing on various factors corresponds to engine performance, emissions, combustion characteristics were investigated. Furthermore, we examined how an ignition activator is exerted the uncertain combustion at the range of high methanol ratio in tested fuels.

#### 1. ま え が き

石油系燃料の代替として有望視されているメタノール燃料は、排気対策や地球温暖化低減対策の面でも優れた特性を有する。このメタノール燃料を圧縮点火機関に適用する場合には、メタノールの低いセタン価と高気化潜

熱とに起因する着火性の悪さを解決し、その特性を十分に活用することが必要である。このためには、(1)着火促進剤の添加や燃料の改質、(2)補助燃料による着火、(3)吸気加熱やグロープラグなどによる雰囲気着火条件の改善、(4)外部着火方式の採用などが挙げられ、種々の研究が試みられている。

---

\*茨城大学工学部機械工学科 (日立市中成沢町)

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Ibaraki University, Hitachi 316, Japan

\*\*スズキ株式会社 (浜松市高塚)

Suzuki Co., Inc., Hamamatu 432-91, Japan

そこで軽油・水・メタノールのエマルジョン燃料や複合燃料の使用<sup>(1)</sup>、さらに各種の燃料供給方式について実験的解明を進めてきたが<sup>(2)</sup>、本報では軽油とメタノールを別々の噴射系統から予燃焼室に供給する、いわゆる二噴射予燃焼室式機関を取り上げ、噴射弁アダプタ温度 ( $T_{ia}$ )、メタノール噴射割合  $\{R_m = G_m / (G_m + G_r)\}$ 、軽油とメタノールの噴射開弁時期 ( $\theta_{inj-r}$ 、 $\theta_{inj-m}$ )、メタノールの噴射開弁圧力 ( $P_{inj-m}$ ) などを変えて、機関性能、排気エミッションおよび燃焼特性に及ぼすこれら諸因子の影響を実験的に調べ、若干考察した。さらに、この方式でメタノール噴射割合 ( $R_m$ ) の多い領域では燃焼が不安定になるので、着火促進剤の効果についても調べたので報告する。

供試機関は四サイクル予燃焼室式圧縮点火機関 ( $V_h = 815\text{cc}$ 、 $\epsilon = 16.41$ ) で、Fig. 1 に示すように燃料供給系統を二つ準備した。噴射弁 (ピントルノズル) はアダプタを用いて予燃焼室に取り付け (Fig. 2)、カップリングの調整により、燃料噴射開弁時期を ( $\theta_{inj-r}$  および  $\theta_{inj-m}$ ) を任意に変え得るようにした。この燃料噴射開弁時期はニードル弁のリフト量を過流型アナログ変位センサで測定した。この際、供試燃料には先立噴射燃料として軽油 (JIS K 2204 1号) を、後噴射燃料としてメタノール (JIS K 1501) およびイソプロパノール (JISK 1522) を使用し、軽油の着火促進剤として2-ニトロプロパンを添加した。

実験はまず暖機運転後、主として機関速度 ( $N$ )、平均有効圧力 ( $P_e$ )、冷却水出口温度 ( $t_w$ ) を所定の状態

2. 実験装置および方法

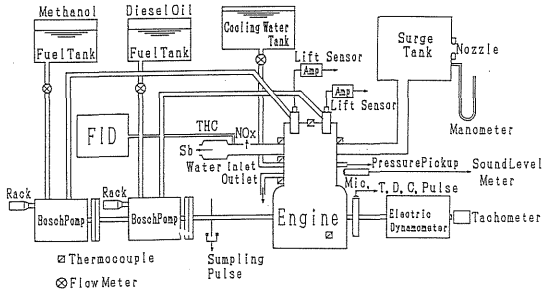


Fig. 1 Experimental Apparatus

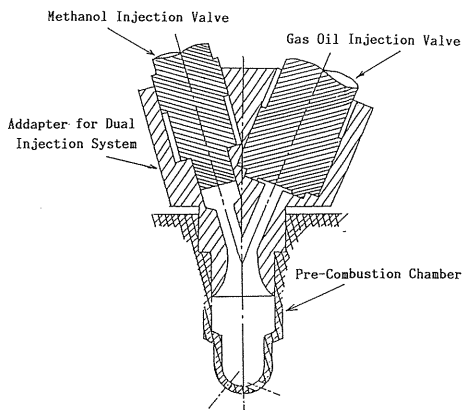


Fig. 2 Shape of Pre-Combustion Chamber and Dual Injection Adapter

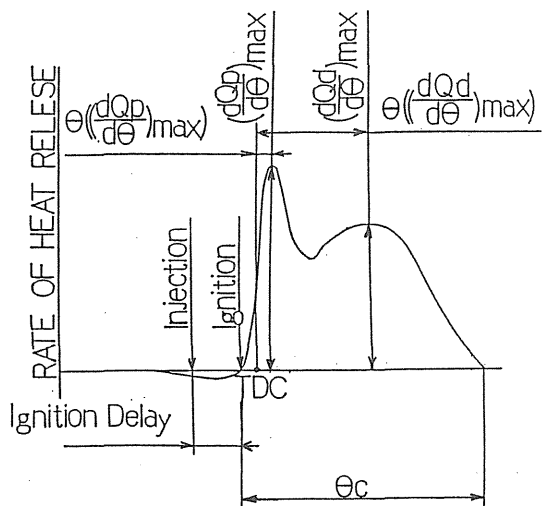
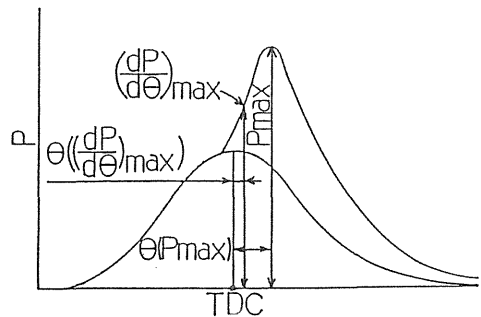


Fig. 3 Definition of Combustion Characteristics

に設定し, 燃料消費量 ( $G_f$ ), 吸入空気量 ( $G_a$ ), 排気温度 ( $t_e$ ), 音圧レベル (SPL), 排気エミッション濃度 ( $\text{NO}_x$ ,  $S_b$ , THC etc.) を測定する。次にシリンダ内燃焼圧力 ( $P$ ), 燃料噴射弁リフトをTDCパルスなどと同時に記録し, これらを用いてFig. 3に示す最大燃焼圧力 ( $P_{max}$ ), 最大圧力上昇率 ( $(dP/d\theta)_{max}$ ), 有効熱発生率 ( $dQ/d\theta$ ), 着火遅れ ( $\theta_{lag}$ ) などの燃焼特性値を求めた。なお, 排気エミッション濃度の測定には, ①全炭化水素濃度 (THC) にはFIDガスクロマトグラフを, ②ホルムアルデヒド濃度 (HCHO) には北川式検知管を, ③排煙濃度 ( $S_b$ ) にはボッシュ式スモークメータを, ④窒素酸化物濃度 ( $\text{NO}_x$ ) には亜鉛還元ナフチルエチレンジアミン法 (JIS K 0104) を用いた。

3. 実験結果および考察

3.1 メタノール噴射割合  $R_m$  の影響

$P=0.344\text{MPa}$ ,  $N=20\text{rps}$ ,  $t_w=85\pm 1^\circ\text{C}$  に固定し, メタノール噴射割合  $R_m=G_m/(G_f+G_m)$  を広範囲に変えた場合の実験結果をFig. 4 およびFig. 5 に示す。

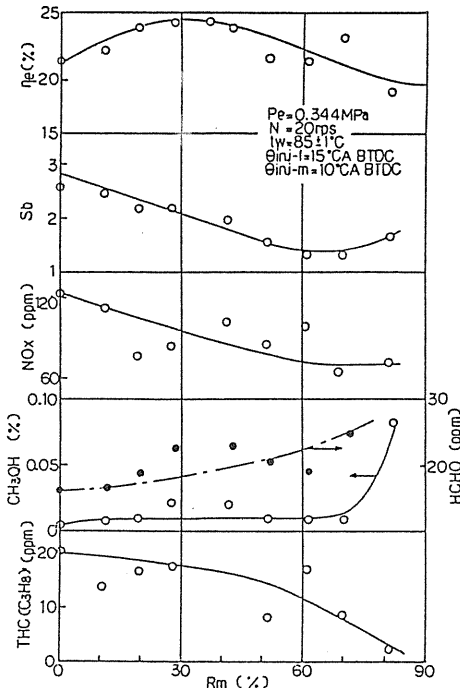


Fig. 4 Thermal Efficiency and Emissions vs. Methanol Injection Ratio

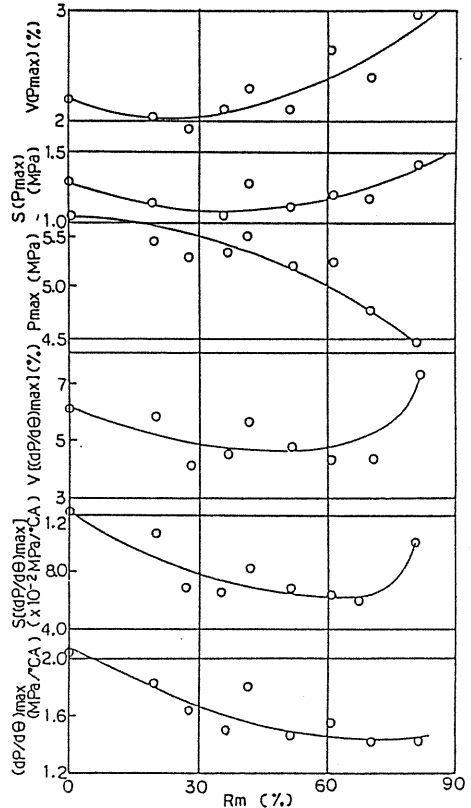


Fig. 5 Combustion Characteristics vs. Methanol Injection Ratio

本実験では, 二個の噴射弁をアダプタを用いて予燃焼室に取り付けたので, 圧縮比も低く, また運転可能な負荷の範囲も狭く, 正味熱効率  $\eta_e$  の値も全般に低い。しかし,  $\eta_e$  の値はメタノール噴射割合  $R_m=30\%$  で最高になっており, 最適の  $R_m$  が存在する。この場合, 排気煙濃度  $S_b$ , 窒素酸化物  $\text{NO}_x$  および炭化水素濃度 THC は  $R_m$  が大きいほど減少し, メタノール噴射の効果が大いことを示している。しかし, その反面ホルムアルデヒド濃度 HCHO は予想されるように  $R_m$  に比例して順次増加し, 未燃メタノール濃度  $\text{CH}_3\text{OH}$  は  $R_m > 70\%$  で急増している。この場合,  $P_{max}$  および  $(dP/d\theta)_{max}$  の値も  $R_m$  が大きいほど低下する。しかし,  $P_{max}$  の標準偏差  $S(P_{max})$  や変動率  $V(P_{max})$  は  $R_m=30\%$  で約 1.1MPa, 約 2%,  $R_m > 30\%$  になるところは順次増加し,  $R_m=80\%$  では約 1.5MPa, 約 3% に達するが, ガソリン機関と比較して小さい。これに対し,  $(dP/d\theta)_{max}$  の標準偏差  $S[(dP/d\theta)_{max}]$  および変動率  $V[(dP/d\theta)_{max}]$

は $R_m < 70\%$ の範囲では $R_m$ が大きいほど減少し、 $R_m = 0$ で $S [(dP/d\theta)_{max}] = 1.2 \times 10^{-2} \text{MPa}/^\circ \text{CA}$ 、 $V [(dP/d\theta)_{max}] = 6\%$ に対して、 $R_m = 70\%$ で $S [(dP/d\theta)_{max}] = 6.0 \times 10^{-2} \text{MPa}/^\circ \text{CA}$ 、 $V [(dP/d\theta)_{max}] \div 4\%$ となる。しかし、 $R_m > 70\%$ になると両者は急増する傾向がある。次に、 $P_{max}$ や $(dP/d\theta)_{max}$ と関連の深い機関騒音は軽油のみの単一噴射運転よりも $R_m = 80\%$ で約10dB低い。しかも、周波数分析結果によると (Fig. 6),  $R_m$ が大きいほど、とくに高周波

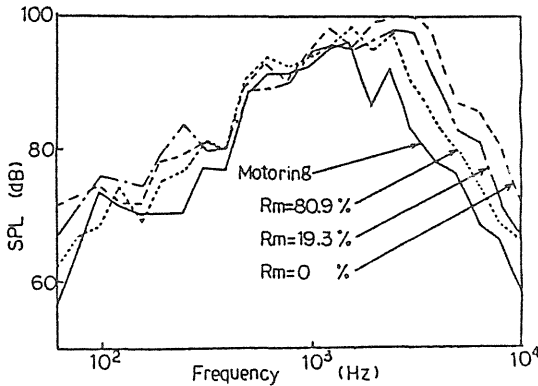


Fig. 6 Frequency Analysis of Engine Noise

領域 (50kHz以上) のSPLが低下しており、従来指摘されているように $(dP/d\theta)_{max}$ の低下が深く関連していることがわかる。

3.2 メタノール噴射開弁時期 $\theta_{inj-m}$ の影響

前項の実験結果 (Fig. 4) によると、正味熱効率 $\eta_e$ を最大にする $R_m$ は約30%であるが、メタノールの軽油代替比を変えると $R_m$ の比較的大きい領域での利用が望ましい。したがってその領域での性能、とくに正味熱効率 $\eta_e$ の向上と排気エミッションおよび燃焼変動の低減が必要である。しかし、 $R_m$ が増加するほど噴射燃料の気化潜熱が増加するので、噴射弁アダプタ温度が低下し、炭素が推積する。そこで噴射弁アダプタを加熱し、しかも $R_m > 70\%$ の領域に注目して実験を行うことにした。まず、噴射弁アダプタ温度の影響を明確にするため、軽油運転のもとでアダプタ温度 $T_{ia}$ を100~430°Cに変えて実験した。その結果をFig. 7およびFig. 8に示す。図において、アダプタ温度 $T_{ia}$ が増加すると図示熱効率 $\eta_i$ および正味熱効率 $\eta_e$ は増加し、正味燃料消費率BSFCは減少している。さらに煙濃度Sbおよび全炭化水素THCも減少しており、噴霧生成時における雰囲気温度

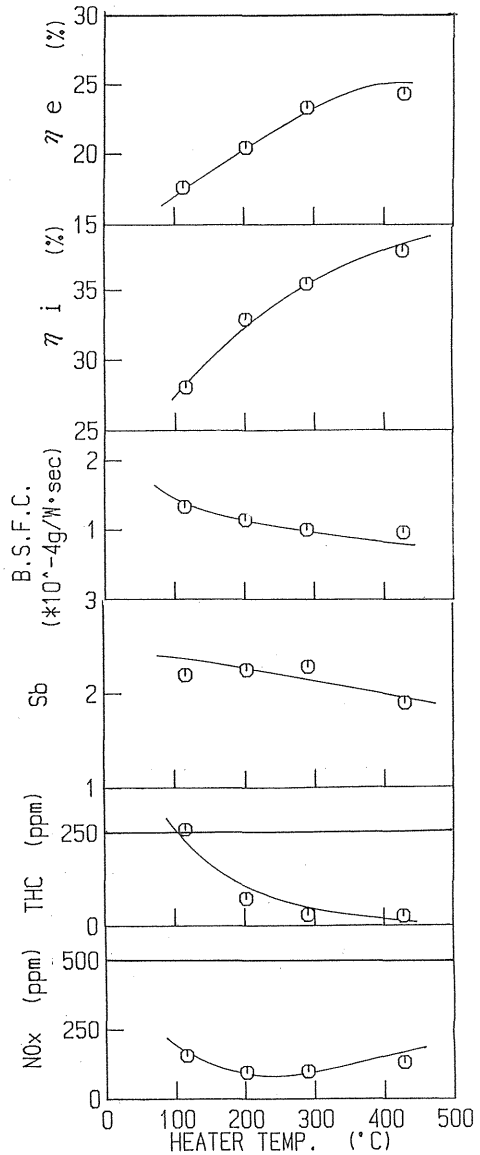


Fig. 7 Emission and Other Performances vs. Adapter Temperature

(予燃焼室壁面などの温度) がこれらの生成に大きく関与することがわかる。これに対し燃焼温度と関連の深い窒素酸化物の発生濃度 $\text{NO}_x$ は200°C以上ではほとんど変化が認められない。この場合、 $T_{ia}$ の上昇に伴い着火遅れ機関 $\theta_{lag}$ および最大燃焼圧力 $P_{max}$ は減少し、 $P_{max}$ の生成時期 $\theta (P_{max})$ は遅れ、拡散燃焼時の最大有効熱発生率 $(dQ/d\theta)_{max}$ は増加 (拡散燃焼が活発化) する。

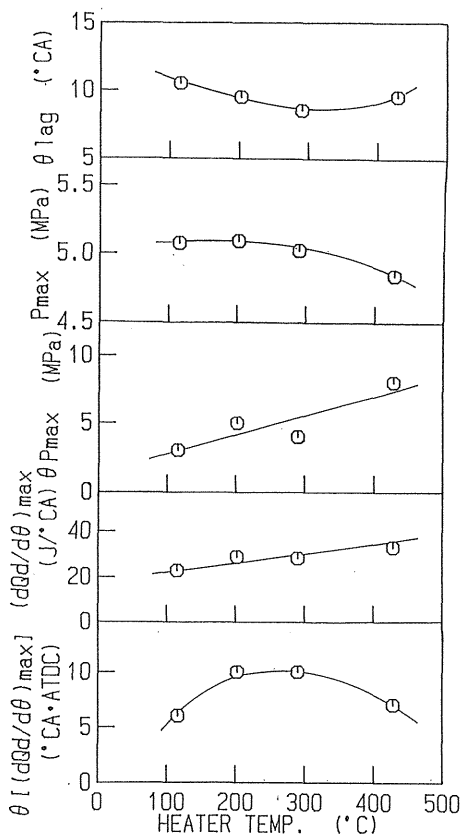


Fig. 8 Combustion Characteristics vs. Addapter Temperature

以上の実験結果によると、 $T_{ia}=400^{\circ}\text{C}$ では $\eta_e$ がほぼ飽和し、排気エミッションも少なく、炭素の固着もほとんど認められなかったため、以後の実験は $T_{ia}=400^{\circ}\text{C}$ で実施した。

軽油噴射開弁時期 $\theta_{inj-f}$ を $10^{\circ}\text{CA}$  BTDCに固定し、メタノール噴射開弁時期 $\theta_{inj-m}$ を変えた場合の実験結果をFig. 9およびFig.10に示す。アダプタの加熱および最適 $\theta_{inj-f}$ の設定により、前項の実験より大きい負荷( $P_e=0.407\text{MPa}$ )での運転が可能となったが、いずれの $R_m$ においても軽油噴射時期より $5^{\circ}\text{CA}$ 遅れてメタノールを噴射するとき、正味熱効率 $\eta_e$ が最大になることがわかる。この場合、 $\theta_{inj-m}$ が $\theta_{inj-f}$ から離れるほどホルムアルデヒド濃度HCHOは増加し、その場合は $R_m$ が大きいほど顕著である。しかし、Sb,  $\text{NO}_x$ およびTHC濃度はほとんど変わっていない。このことはSb,  $\text{NO}_x$ やTHCの発生には前半の予混合燃焼過程が、HCHO

の発生には後半の拡散燃焼過程が大きく関与していることを示唆している。この場合、着火遅れ $\theta_{lag}$ は $\theta_{inj-m}=\theta_{inj-f}=10^{\circ}\text{CA}$  BTDC (同時噴射)の場合を除いてはほぼ一定であり、したがって予混合燃焼時の最大有効熱発生率 $(dQ_p/d\theta)_{max}$ や予混合燃焼割合 $Q_{pre}/Q_{tot}$ も $\theta_{inj-m}<5^{\circ}\text{CA}$  BTDCでの変化は小さい。これに対し、 $\theta_{inj-m}$ が $\theta_{inj-f}$ に非常に接近すると軽油噴霧をメタノール噴霧が冷却し、その着火をさまたげるようになり着火遅れ $\theta_{lag}$ も長くなる。このため予混合燃焼時の $(dQ_p/d\theta)_{max}$ や $Q_{pre}/Q_{tot}$ もかなり大きくなる傾向がある。このため機関騒音SPLも増加する。これに対して拡散燃焼時の最大熱発生率 $(dQ_d/d\theta)_{max}$ は $\theta_{inj-m}=5\sim 0^{\circ}\text{CA}$  BTDCにおいて最大に、その生成時期 $\theta [(dQ_d/d\theta)_{max}]$ は $\theta_{inj-m}$ が上死点に近づくほど増加する傾向がある。この場合、予混合燃焼によって、主として規定される $(dP/d\theta)_{max}$ や $P_{max}$ の

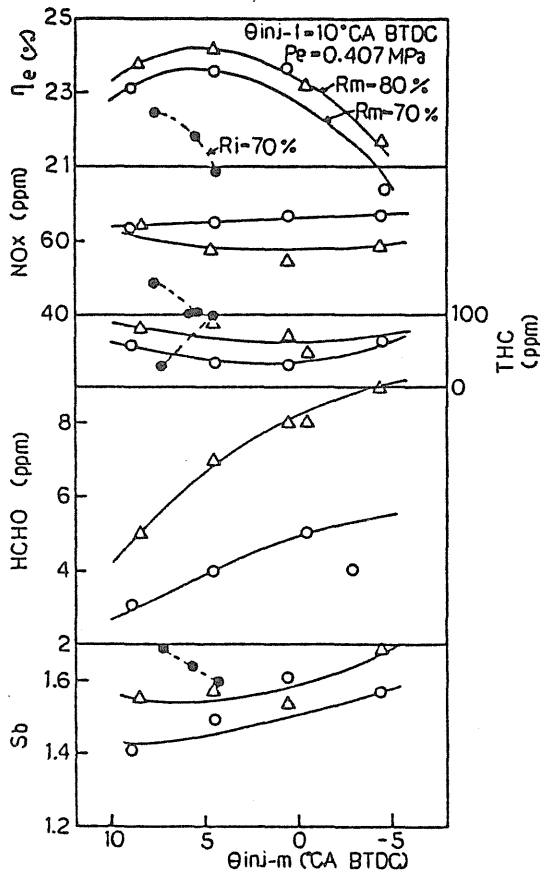


Fig. 9 Thermal Efficiency and Emissions vs. Mehtanol Injection Timing

値は  $\theta_{inj-m}$  が上死点に近づくほど、その生成時期が上死点に近づくので低くなる。これに伴ってその標準偏差  $S(P_{max})$ ,  $S[(dP/d\theta)_{max}]$ , 変動率  $V(P_{max})$ ,  $V[(dP/D)_{max}]$  は減少している。Fig. 9 および Fig. 10

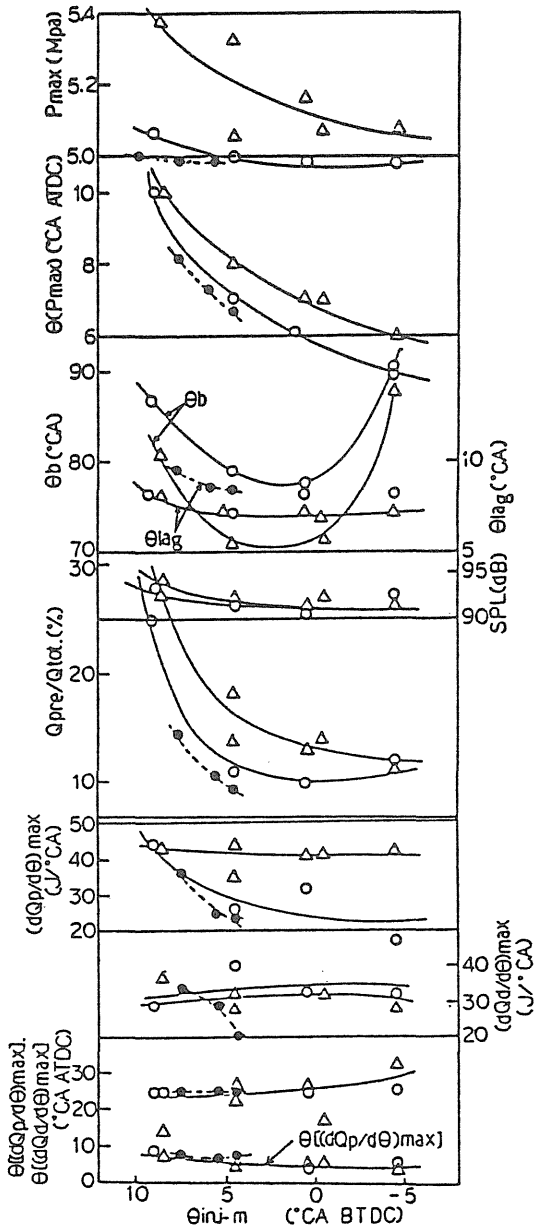


Fig.10 Combustion Characteristics vs. Methanol Injection Timing

にはメタノールの代わりに着火性の良いイソプロパノールを噴射した場合の実験結果 ( $R_i=70\%$ ) を併記しているが、メタノール噴射時期 ( $R_m=70\%$ ) と比較して  $\eta_e$  の値も低く  $\theta_{inj-i}$  は軽油噴射時期  $\theta_{inj-f}$  に近いほど  $\eta_e$  は高く  $\theta_{inj-i}$  の影響も敏感であり、メタノールよりも特に優れている点は認められなかった。

3.3 軽油噴射開弁時期  $\theta_{inj-f}$  の影響

軽油・メタノールの噴射開弁時期の差 ( $\theta_{inj-f} - \theta_{inj-m}$ ) を  $5^\circ$  CA に設定し  $\theta_{inj-f}$  (したがって  $\theta_{inj-m}$  も) を変えた場合の実験結果代表例を Fig. 11 および Fig. 12 に示す。図において、本実験範囲においては

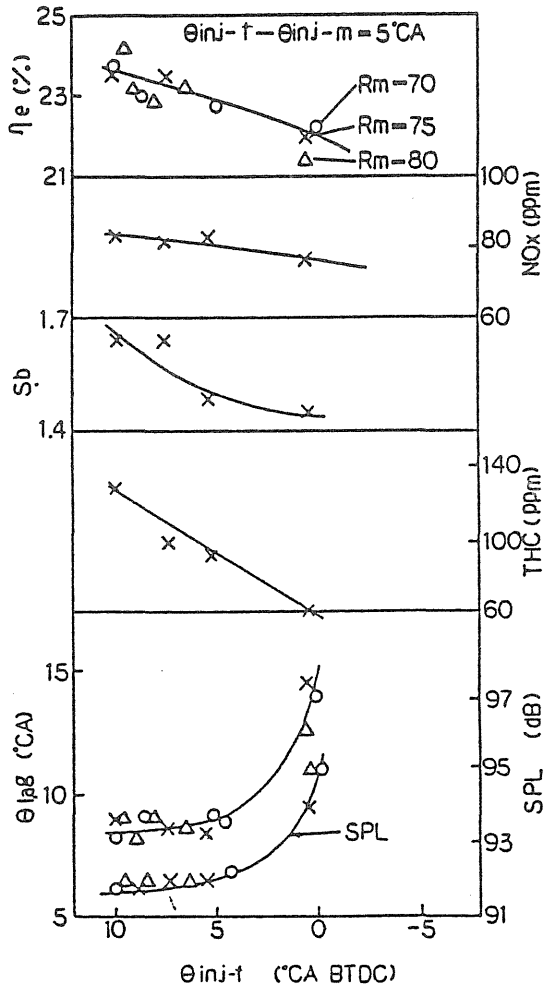


Fig.11 Thermal Efficiency and Emissions vs. Gas Oil Injection Timing

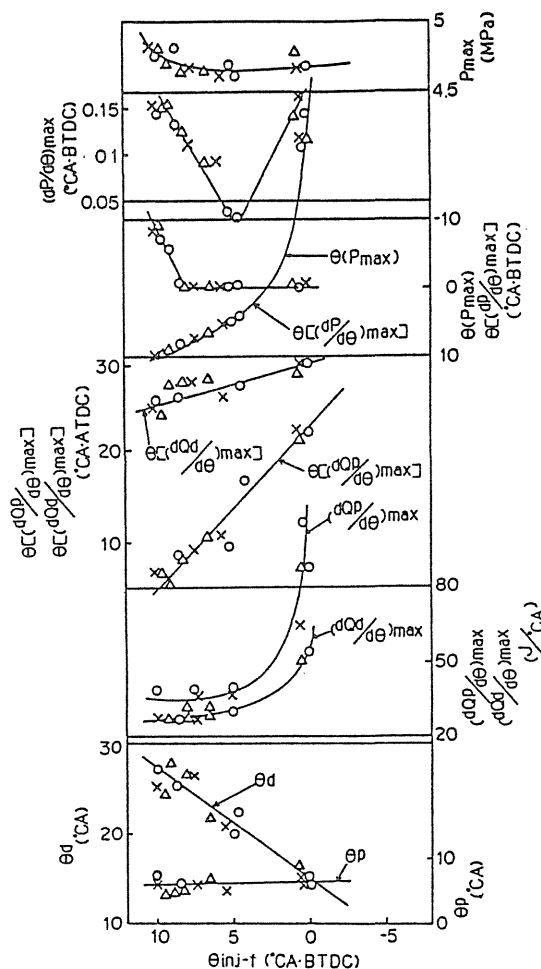


Fig.12 Combustion Characteristics vs. Gas Oil Injection Timing

$\eta_e$ は $\theta_{inj-f}$ が大きいほど高く、軽油運転時と同様に $\theta_{inj-f}=10^\circ$  CA BTDCにおいて $\eta_e$ はほぼ最高に、さらに $\theta_{inj-f}$ を進めると $\theta_{inj-f}=12.5^\circ$  CA BTDCでは安定な運転がむずかかった。この場合、 $\theta_{inj-f}$ が大きいほど $NO_x$ , Sb, HCHO, THC濃度などは増加する。しかし、 $\theta_{inj-f}$ が大きいほど着火遅れ $\theta_{10\%}$ は短く、 $(dQ_p/d\theta)_{max}$ や $(dQ_d)_{max}$ や $(dQ_d/d\theta)_{max}$ の値は低く、それらの生成時期は上死点に近づく。このため、その時のシリンダ内体積も小さくなる。したがって、 $(dQ_p/d\theta)_{max}$ が減少するにもかかわらず $P_{max}$ は $\theta_{inj-f}$ が大きいほどやや増加するが、 $(dP/d\theta)_{max}$ は $\theta_{inj-f}=5^\circ$  CA BTDCで最小に、 $\theta_{inj-f}=$

$0^\circ$  CA BTDCでは逆に増加する傾向が認められる。

$(dP/d\theta)_{max}$ の値は主として着火遅れ(予混合燃焼割合)に左右されると指摘されている。そこで、 $(dP/d\theta)_{max}$ との関係を単一噴射(軽油・水・メタノール噴射、軽油・水・エタノール噴射)と二噴射を比較するとFig.13に示すように、二噴射の方が非常に低く、代

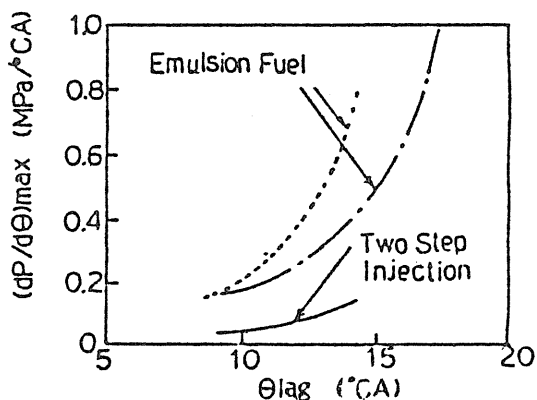


Fig.13 Comparison of Single and Dual Injection  
替燃料を使用する場合の難点であり、その対策が困難視されている機関騒音の軽減対策として有用なことがわかる。

### 3.4 メタノール噴射 $P_{inj}$ の影響

軽油・メタノール二噴射方式において、メタノールの低発熱量が軽油より低いため、軽油単噴射方式より噴射期間が長くなり、これは燃焼期間を長期化するので熱損失の増加を招き、機関性能の低下の一要因となる。そこで前項の実験結果にもとずき、軽油噴射開弁時期 $\theta_{inj-f}=10^\circ$  CA BTDC、メタノール噴射開弁時期 $\theta_{inj-m}=5^\circ$  CA BTDC、軽油消費量 $Q_f=0.144\text{ml/sec}$ 、メタノール消費量 $Q_m=0.771\text{ml/sec}$ に設定し、メタノール噴射弁の噴射開弁圧 $P_{inj}$ を変えメタノール噴射率 $Q_{inj}$ の機関性能に及ぼす影響を調べた。なお、 $Q_{inj}$ は噴射開弁圧 $P_{inj}$ や噴孔径 $d$ によっても変わるが、噴孔径を大きくすることは噴霧を悪化するので、その影響は $Q_{inj}$ の影響を上回ることがわかったので、 $P_{inj}$ を変える実験結果について次に述べる。

$P_{inj}=15.9\text{MPa}$ と $P_{inj}=9.3\text{MPa}$ を比較すると(Fig. 14)、前者の $\eta_e$ は後者の値よりも約1%高い。この場合、噴孔からの噴出速度 $V_{inj}$ を概算するとFig.15に示すように $P_{inj}$ に比例して $V_{inj}$ は高く、噴射期間は短く

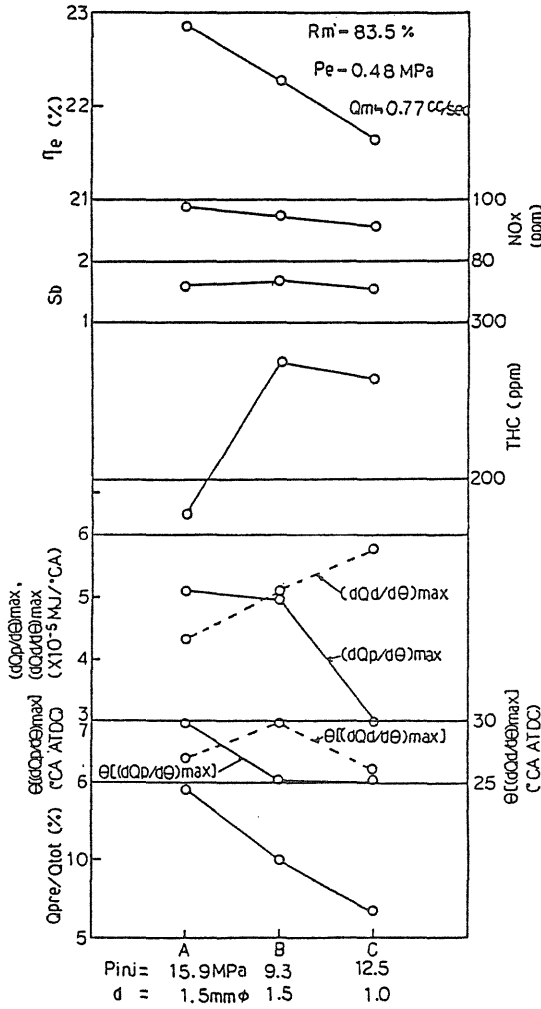


Fig.14 Thermal Efficiency and Other Performances vs. Fuel Injection Conditions

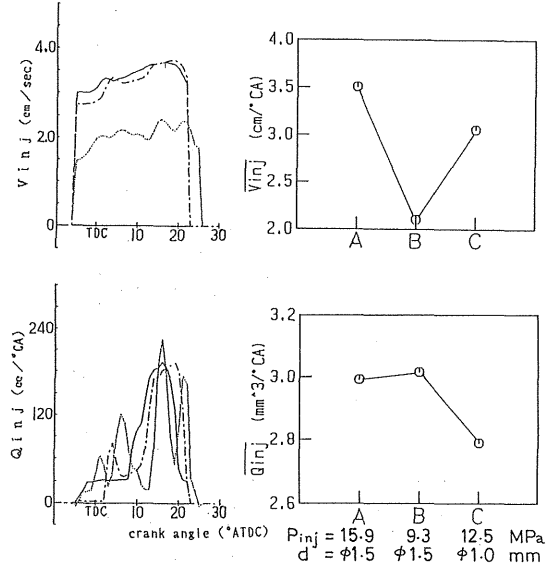


Fig.15 Injection Characteristics

なる。これは燃料噴霧の微細化と燃焼期間  $\theta_c$  の短縮をもたらすので熱損失の低減となり  $\eta_e$  の増加を招いたものと思われる。この場合、着火遅れ  $\theta_{lag}$  にはほとんど差異がないが、 $(dP/d\theta)_{max}$  は  $P_{inj}$  に比例して増加するが、 $P_{max}$  はむしろ減少している (Fig.16)。しかも、 $(dP/d\theta)_{max}$  および  $P_{max}$  の標準偏差  $S(dP/d\theta)_{max}$

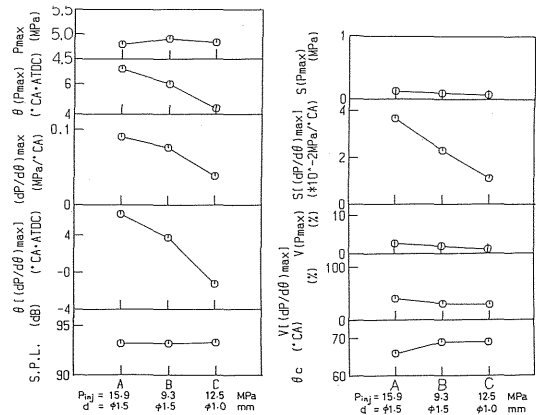


Fig.16 Combustion Characteristics

および  $S(P_{max})$  は増加し、変動率で表示しても増加する傾向がある。この場合、 $P_{inj}$  が高いほど着火前に噴射されるメタノール量  $V_{pre}$  が多く、したがって予混合割合  $Q_{pre}/Q_{tot}$  も高く、 $(dQ_p/d\theta)_{max}$  も高く、その



反面  $(dQ_d/d\theta)_{max}$  は低くなるので (Fig.14)  $(dP/d\theta)_{max}$  や  $P_{max}$  の変動を助長したものと思われる。しかし、燃焼騒音SPLの増加を招くほどではない。なお、排気エミッション (Fig.14) のうち、とくに拡散燃焼が促進するので  $NO_x$  は増加するが、排煙濃度Sb, 全炭化水素濃度THCおよびホルムアルデヒド濃度HCHO はかなり低減する。メタノール供給時の問題点とされているTHCおよびHCHOの排出抑止に  $P_{inj}$  を高め微粒化を助長することは有用であることがわかる。

3.5 着火促進剤 (2-ニトロプロパン) の影響

軽油・メタノール二噴射方式における最適噴射時期は前項で指摘したように  $\theta_{inj-t} = 10^\circ$  CA BTDC,  $\theta_{inj-m} = 5 \sim 0^\circ$  CA BTDCであるがFig.14の噴射率モデルに示すように、 $\theta_{inj} = 5 \sim 0^\circ$  CA BTDCは着火時期よりも若干早い。したがって着火前に噴射したメタノールが着火および燃焼を阻害することも考えられる。

そこで着火促進剤を①二噴射方式の軽油のみに添加した場合、②二噴射方式のメタノールのみに添加した場合の影響について調べた。その実験結果をFig.17に示す。図において、単噴射 (軽油)、二噴射 (軽油・メタノール) においても先立噴射の軽油に着火促進剤を約2%程度混入すると  $\eta_e$  は若干増加するが、さらに混入割合を増やすと  $\eta_e$  は逆に低下しており、この場合着火遅れ  $\theta_{lag}$  の短縮に対して  $R_m > 4\%$  混入しても効果がないことがわかる。

これに対し後噴射のメタノールに着火促進剤 (2-ニトロプロパン) を混入したり、メタノールと相溶性の高いヒマシ油を混入するとその添加量に応じて  $\eta_e$  がかなり低下する傾向がある。この理由は明確ではないが、着火促進剤やヒマシ油は着火の促進作用はあるが (先立噴射の軽油によって着火は左右されるので、実際には効果がない) 燃焼後の燃焼速度を高める作用はなく、その成分からして火炎が輝炎となり放射損失が増加することなどが考えられる。

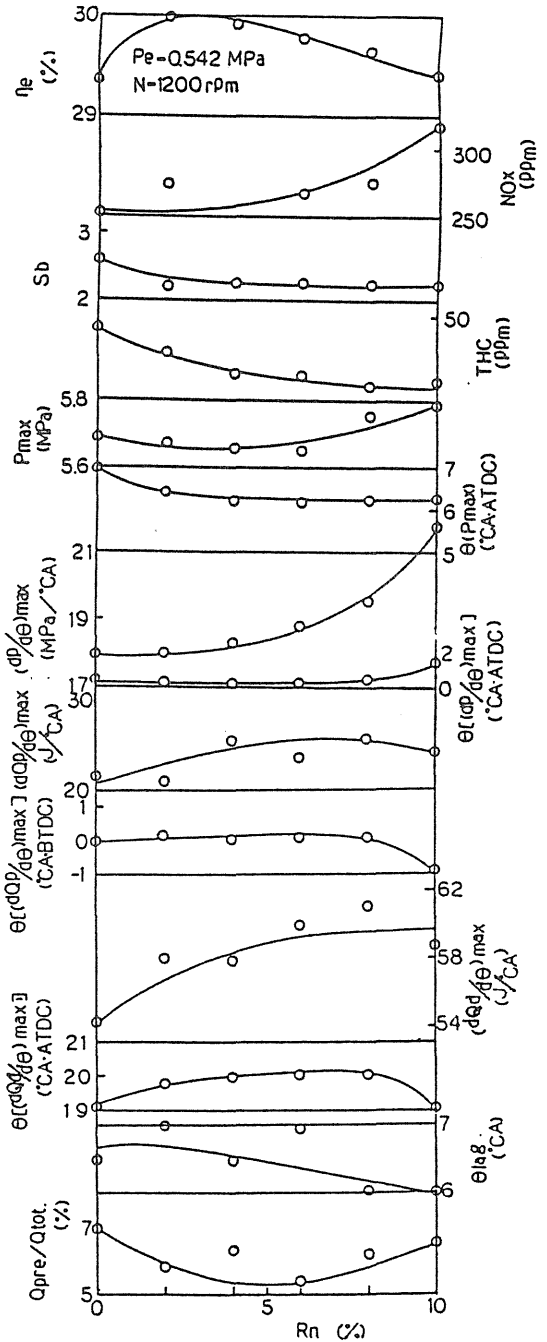


Fig.17 Engine Performances vs. Ignition Activator Ratio

#### 4. ま と め

圧縮点火機関に軽油・メタノール二噴射方式を採用し噴射弁アダプタ温度、軽油噴射開弁時期、メタノール噴射開弁時期、メタノール噴射圧力および着火促進剤含有率を変えて実験し、機関性能、排気エミッションおよび燃焼特性に及ぼす影響について実験的に解明した。これらを要約すると次のとおりである。

- (1) 噴射弁アダプタ温度 $T_{ia}$ を高めると $\eta_e$ 、THC濃度およびSb濃度は改善され、アダプタに固着するカーボン量は減少する。その反面 $NO_x$ 濃度は若干増加する。
- (2) 軽油噴射開弁時期 $\theta_{inj-f}$ を軽油単噴射時の最適条件(10° CA BTDC)に設定し、メタノール噴射開弁時期 $\theta_{inj-m}$ を広範囲に変えた場合、 $\theta_{inj-m}$ を $\theta_{inj-f}$ より5° CA おくって設定すると $\eta_e$ は最大に、THC濃度は最小となる。 $\theta_{inj-m}$ を $\theta_{inj-f}$ に近づけると $\theta_{lag}$ 、 $P_{max}$ 、 $(dP/d\theta)_{max}$ 、 $(dQ_p/d\theta)_{max}$ が増加し、燃焼は不安定となる。また逆にHCHO濃度は減少する。
- (3)  $\theta_{inj-f}$ と $\theta_{inj-m}$ の差を5° CAに設定し、両者を変えた場合、 $\theta_{inj-f}=10^\circ$  CA BTDC、 $\theta_{inj-m}=5^\circ$  CA BTDCで $\eta_e$ は最大となる。 $NO_x$ 、Sb、THC濃度は $\theta_{inj-f}$ 、 $\theta_{inj-m}$ が早くなるほど増加する。し

かし、 $\theta_{lag}$ 、 $(dP/d\theta)_{max}$ 、SPLは低下する。

- (4) メタノール噴射開弁圧力 $P_{inj}$ を高めると、燃焼期間が短縮するので $\eta_e$ は向上する。この場合、THC、HCHO濃度は低下する。なお、 $\theta_{lag}$ 、 $P_{max}$ 、 $(dP/d\theta)_{max}$ 、Sb、 $NO_x$ 濃度の変化は小さい。
- (5) 着火促進剤(2-ニトロプロパン)を先立噴射の軽油に $R_m=2\sim 4\%$ 添加すると $\theta_{lag}$ 、 $P_{max}$ 、 $(dP/d\theta)_{max}$ のみならず $S(P_{max})$ 、 $S[(dP/d\theta)_{max}]$ 、 $V(P_{max})$ 、 $V[(dP/d\theta)_{max}]$ が減少し、安定な燃焼が得られる。さらにSb、THCおよびHCHO濃度は減少するが、着火促進剤に含まれるニトロ基( $-NO_2$ )が $NO_x$ 発生の一要因となり、 $R_m$ に比例して $NO_x$ 濃度は増加する。

#### 参 考 文 献

- (1) 澤 則弘, 堀 昭三: 圧縮点火乳化燃料機関の特性研究(I), 茨城大学工学部研究集報, 38, (1990), 69
- (2) 澤 則弘ほか 2名: 圧縮点火複合燃料機関に関する研究(II)(燃料供給方式の比較), 日本機械学会日立地方講演会(1984年 9月)