

軽油-水エマルジョン燃料と水噴射法が圧縮着火機関性能に及ぼす影響

The Influence of Emulsified Diesel Fuel and Water Injection Method on Diesel Engine Performance

中山裕紀¹, ○益井佑輔¹, 岩井雅利², 吉田幸司³

Yuki Nakayama¹, *Yusuke Masui¹, Masatoshi Iwai², Koji Yoshida³

The purpose of this study is to compare the engine performance of emulsified fuel with water injection method. In the water injection method, water was mixed with intake air and diesel fuel was injected into combustion chamber. The ignitability of emulsified fuel was inferior to diesel fuel, and the ignition timing delayed as water in emulsified fuel was increased. When the injection timing was advanced, the thermal efficiency of emulsified fuel was slightly higher than that of diesel fuel, because the ignition timing became appropriate due to ignition delay. The thermal efficiency of water injection method was almost equal to that of diesel fuel.

1. まえがき

ディーゼル機関から排出される NOx や PM 等の排出ガス成分の削減は重要な課題であり, NOx 及び PM の同時低減が可能な軽油-水エマルジョン燃料 (Water in Oil, 以下 W/O) の利用が期待される⁽¹⁾. 本研究は, エマルジョン燃料の機関性能を吸気管に水を燃焼室に軽油を個別に噴射した水噴射法 (Water Injection, 以下 W.I.) と比較することを目的とした. また, エマルジョン燃料の加水率及び燃料噴射時期が機関性能に及ぼす影響を実験的に明らかにすることを目的とした.

2. 実験装置及び方法

供試機関は, 水冷 4 サイクル単気筒直噴式ディーゼル機関であり, 排気量 309 [c.c.], 圧縮比 18.4:1 である. 供試燃料には, 燃料中の水と乳化剤の合計体積割合を 15, 30 [vol.%] とした W/O85, W/O70 を使用した. なお乳化剤は, それぞれ 0.6, 1.2 [vol.%] 混合した. また, 水噴射法では, 軽油中にエマルジョン燃料と同量の乳化剤を混合し燃焼室内に噴射し, エマルジョン燃料と同量の水を吸入空気に混合した. 表 1 に軽油及び各エマルジョン燃料の燃料性状を示す. エマルジョン燃料

Table1. Fuel properties

	Diesel	W/O85	W/O70
Diesel [vol.%]	100	85	70
Water [vol.%]	-	14.4	28.8
Emulsifier [vol.%]	-	0.6	1.2
Specific gravity [g/cm ³]	0.831	0.856	0.867
Viscosity [mPa·s]	2.30	3.70	4.35
Low heating value [MJ/kg]	42.58	35.68	31.27
Cetane index	52.5	44.4	-
Sulfur content [ppm]	9	23	-

は加水率の増加に従って粘度が増加し, 低位発熱量及びセタン価は低下する. 実験では, 機関回転数 2000 [min⁻¹]にて, 正味平均有効圧力を 100-800 [kPa]まで 100 [kPa]毎変化させた. また, 燃料噴射時期は 12, 16, 20 [deg. BTDC]とし, 燃料噴射圧は約 40 [MPa]一定とした.

3. 実験結果及び考察

図 1 に燃料噴射時期 12, 16, 20 [deg. BTDC]における着火時クランク角度及び最高燃焼圧力と正味平均有効圧力の関係を示す. なお, 燃焼噴射時期 12 [deg.BTDC]において W/O70 は, どの負荷域でも着火しなかった. どの燃料噴射時期においても, 軽油と比較してエマルジョン燃料では着火が遅角し, 加水率が多

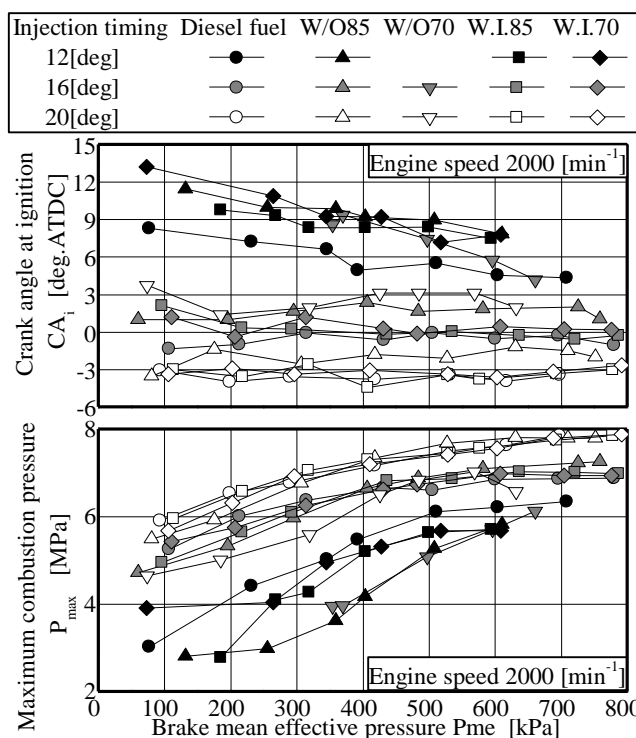


Fig.1 Crank angle at ignition and maximum combustion pressure as a function of BMEP.

1 : 日大理工・学部・機械 2 : 日大理工・院 (前)・機械 3 : 日大理工・教員・機械

い場合に着火遅れが顕著となる。W/O70 の場合、燃料噴射時期が進角すると全負荷域において着火遅れが若干改善される。これは、燃焼室内温度の上昇によって燃料液滴中の水分のマイクロ爆発が活発になり燃料が微粒化し、燃料蒸発及び周囲空気との混合が促進されるためと考えられる⁽²⁾。最高燃焼圧力は、低負荷域において、エマルジョン燃料は軽油と比較して低いものの、正味平均圧力の増加に従い軽油に近づく。これは、マイクロ爆発が顕著に現れる高負荷域における混合促進効果により、拡散燃焼が促進されたためと考えられる。水噴射法の場合、12 [deg. BTDC] では若干着火が遅れるものの、着火遅れは軽油とほぼ同等である。また、最高燃焼圧力も燃料噴射時期が進角すると若干低下するものの、軽油とほぼ同等である。

図 2 に機関性能と正味平均有効圧力の関係を示す。W/O70 では、燃料噴射時期 16 [deg. BTDC] の場合、正味平均有効圧力 300[kPa] 以下の低負荷域では着火しなかった。燃料噴射時期 16 [deg. BTDC] の場合の正味熱効率は、各燃料でほとんど差異はないものの、エマルジョン燃料の正味熱効率は若干低い。また燃料噴射時期 20 [deg. BTDC] の水噴射法の正味熱効率は軽油とほぼ同等であるものの、エマルジョン燃料の熱効率は中負荷域において軽油より若干高い。これは、燃料噴射時期を過早にした場合、エマルジョン燃料による着火遅れによって、燃料着火時期が適正時期に近づくためと考えられる。W/O70 の場合、排気ガス中の CO 及び HC 濃度は、燃料噴射時期 20 [deg. BTDC] にて他の燃料と比較して高い。また、エマルジョン燃料のスモーク濃度は低負荷域において軽油と比較して増加するものの、中及び高負荷域では低下する。これは、低負荷では水の凝結によって白煙が発生するためであり、中及び高負荷ではマイクロ爆発による燃料液滴の微粒化によって空気との拡散混合が促進され、拡散燃焼期において希薄な雰囲気条件となり、すすが酸化されたと考えられる⁽³⁾。エマルジョン燃料の NO_x は軽油と比較して低下し、全負荷域において加水率の高い W/O70 において顕著に低下する。また、水噴射法によっても NO_x 濃度は軽油と比較して低下する。これは、水の潜熱により、燃焼室内温度が低下したためと考えられる。

4. 結論

エマルジョン燃料の正味熱効率は軽油と比較して低いものの、燃料噴射時期が過早の場合改善される。エマルジョン燃料は、低負荷域ではスモーク濃度は増加するが、中及び高負荷域にて若干低下する。エマルジ

ョン燃料及び水噴射法とも、NO_x 濃度は減少する。水噴射法の場合、機関性能は軽油とほぼ同等であり、着火遅れもほとんど生じない。従って、エマルジョン燃料が機関性能に及ぼす影響は、主に燃料液滴中の水のマイクロ爆発によると推察される。

5. 参考文献

- (1) 渡邊他, 機論 B, 74-740, (2008), pp.220-225
- (2) 武田他, 機論 B, 74-743, (2008), pp.187-192
- (3) 木戸口他, 日本機械学会年次大会講演資料集 VIII, (2003), pp.163-164

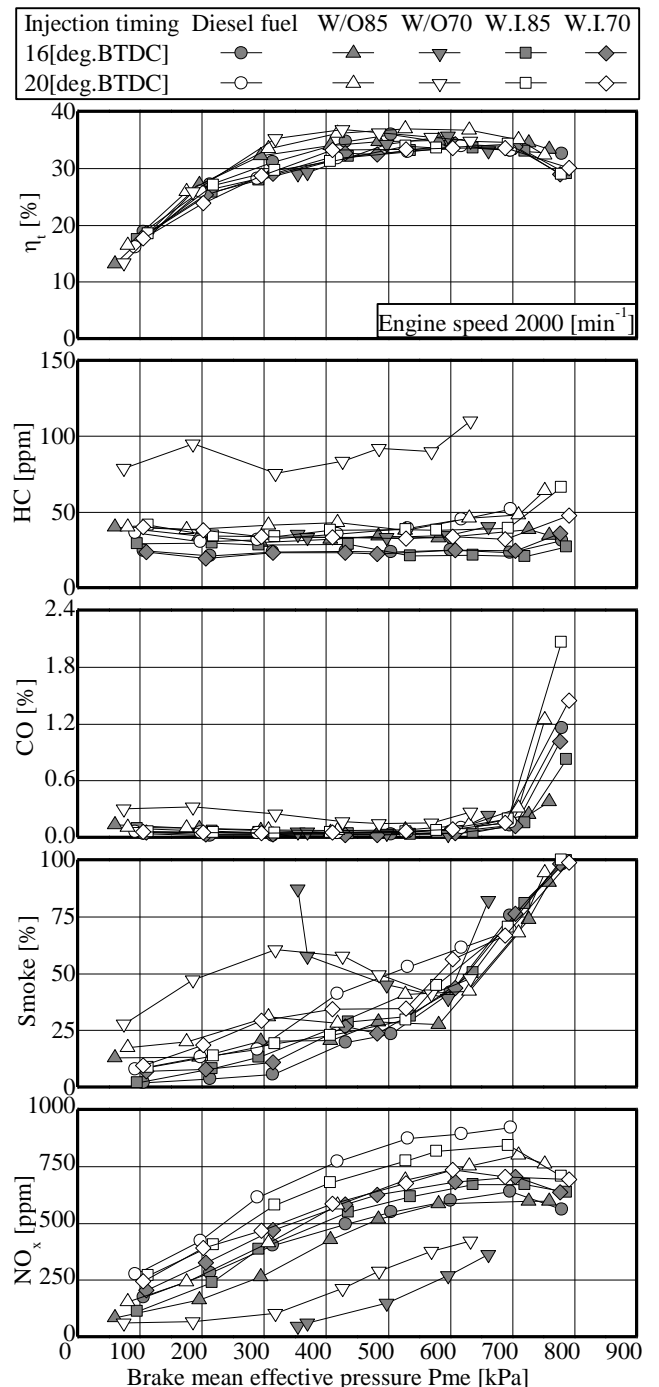


Fig.2 Engine performance as a function of BMEP.