雰囲気条件が含酸素燃料の着火特性に及ぼす影響

Effect of Ambient Condition on Ignition Characteristics of Oxygenated Fuels

○学 松本 健雄 (同志社大院) 学 伊藤 貴之 (同志社大院) 正 北村 高明 (同志社大院)
正 千田 二郎 (同志社大) 正 藤本 元 (同志社大)

Takeo MATSUMOTO, Takayuki ITO, Takaaki KITAMURA

Jiro SENDA, Hajime FUJIMOTO

Doshisha University, Tataramiyakodani 1-3, Kyotanabe, Kyoto

The goal of this work is to better understand the relationship between oxygenated fuels and their ignition performance. Ignition delay measurements were made as a function of density, temperature and oxygen mole fraction, using a constant-volume vessel at simulated diesel ambient conditions, such as density, temperature and oxygen mole fraction. The result showed that ignition delay time of oxygenated fuels is strongly dependent on the temperature and oxygen mole fraction of ambient gas, and is independent of ambient density.

Key words : Diesel Engine, Ignition delay, Oxygenated Fuel, Ambient Condition

1. 緒言

含酸素燃料内部に含まれる酸素原子は、雰囲気中の酸素分子よりもすす生成抑制に対し効果的に作用する⁽¹⁾という知見から、含酸素燃料は画期的な低エミッション化、さらには高パワー密度および高エネルギー密度の達成という点において、ディーゼル機関の有望な代替燃料となり得る。

そこで本研究では、ディーゼル燃焼形態の支配因子の一つである着火遅れ期間に着目し、実機関相当の高温・高圧雰囲気条件下における含酸素燃料噴霧の着火特性を明らかにすることを目的としている。実験装置には自由度の高い実験条件の設定が可能である定容燃焼装置を用い、雰囲気密度、酸素濃度および雰囲気温度を変数とした広範囲の雰囲気条件下において含酸素燃料の着火特性を評価した。

2. 実験方法および実験装置

本実験では、アセチレン、酸素、窒素で構成される希薄予混合気を火花点火することにより、高温・高圧雰囲気場を作製する手法を用いた。噴射系には、デンソー製ECD-U2を使用し、噴孔径0.2mmの単噴孔ノズルにより噴射圧力80MPaで燃焼室中心へ噴射させた。また本燃焼容器は、直径φ70mm、厚み26mmのパンケーキ型燃焼室形状を有する。

3 実験条件

3.1 燃料の選定

含酸素燃料には、(1)これまで実機関を用いた実験で頻繁に使用されている、(2)室温・大気圧場で液体であるため取り扱いが容易である、という観点からジエチレングリコールジメチルエーテル(2GM)、トリエチレングリコールジメチルエーテル(3GM)、およびジエチレングリコールジエチルエーテル(2GE)を選定した。表1に含酸素燃料の性状を示す。また、比較燃料としてJIS2号軽油を使用した。

3.2 雰囲気条件

本実験の雰囲気条件は、雰囲気密度10～30kg/m³、温度600～1300Kおよび酸素モル分率10.5～31.5%の範囲で行なった。また、容器内温度は燃料噴射開始時の測定筒内圧力を用いて気体の状態方程式から求めた。

3.3 着火遅れの定義

着火遅れ期間は図1に示すように、燃料噴射開始から燃焼時の圧力線図と燃料噴射前の圧力降下線を延長させた線が交差するまでの時間で定義される圧力回復遅れ⁽²⁾とした。また、燃料噴射開始時期はHe-Neレーザを噴射ノズル直下に照射し、噴霧先端によりレーザ光が減衰し始めた時刻とした。

4. 実験結果および考察

酸素モル分率21%一定の下で雰囲気密度を10kg/m³、20kg/m³とした際の各燃料の着火遅れをアレニウス表示した結果を図1に示す。着火遅れの傾向は、各燃料とも雰囲気密度の増加に伴ない短縮する傾向にある。さらに、軽油は全温度域で雰囲気密度の影響が顕著であり、特に低温域では着火遅れの差が増大している。一方、2GM、3GM、2GEについては、全温度域で軽油と比較して雰囲気密度の影響が小さく、低温側で着火遅れがほとんど変わらない傾向を示し、特に

Table 1 Oxygenated fuel properties

Fuel	2GM	3GM	2GE
Molecular equation	CH ₃ O(CH ₂ CH ₂ O) ₂ CH ₃	CH ₃ O(CH ₂ CH ₂ O) ₃ CH ₃	C ₂ H ₅ O(CH ₂ CH ₂ O) ₂ C ₂ H ₅
Density at 298K [kg/m ³]	945	986	908
Boiling point [K]	435	489	462
Lower calorific value [MJ/kg]	24.5	24.1	28.3
Cetane number	110	-	-
Oxygen content [wt%]	35.8	35.9	29.6
Stoichiometric (A/F)s	8.20	7.71	8.898

Fig. 1 Definition of ignition delay

2GEの着火遅れの差異は2GM, 3GMと比べ小さい, また, 燃料間の着火遅れの差異について比較すると, 今回選択した燃料では, 軽油>2GE>2GM>3GMの順で着火遅れは短いことが分かる.

次に雰囲気気密度変化が着火特性に及ぼす影響の原因因子の特定を試みた. 図2に雰囲気気密度 20kg/m^3 一定, 雰囲気気温度 700K , 1100K の下で, 雰囲気気中の酸素濃度を变化させた条件での各燃料の着火遅れを示す. 図中のプロットは少なくとも4回以上の実験値を平均したものである. 全ての燃料で, 各雰囲気気温度において酸素濃度の上昇に伴ない着火遅れは短縮する. また, 含酸素燃料の着火遅れの酸素濃度依存性は軽油と比べ全体的に低く, 中でも2GEの依存性が最も低い. また, 2GMと3GMの酸素濃度依存性は, 雰囲気気温度が高い条件では同等となる傾向を示し, 両燃料の着火遅れに大きな差異が見られない.

以上のことから, 燃料中の酸素含有量が着火性に大きな影響を及ぼす可能性も推察される. 酸素含有量の多い燃料ほど理論空燃比が低く, 着火可能な混合気が早期に形成されると考えられる. しかし, 燃料噴霧の着火は, 様々な因子が複雑に影響するため, 単純に酸素含有量が着火性を支配するとは考え難い. 酸素含有率が50wt%と高い値を有するメタノールは低温域において長い着火遅れを示す⁽⁹⁾ことから, 単純に燃料の酸素含有量のみで着火性を評価することは難しく, 分子構造の影響を受けるものと推察される.

また, 酸素モル濃度を一定とし, 雰囲気気密度を变化させた条件では, 軽油, 含酸素燃料とも着火遅れに大きな差が見られず, 雰囲気気密度変化による着火性への影響は小さい結果となった.

5. 結言

- (1) 含酸素燃料の着火遅れに及ぼす雰囲気気密度の影響は, 軽油と比較して小さく, 特に低温域では着火遅れに大きな差が生じない.
- (2) 含酸素燃料の着火遅れの酸素濃度依存性は, 軽油と比較して低い.
- (3) 雰囲気気密度変化が燃料噴霧の着火特性に及ぼす影響の支配因子は, 雰囲気気密度変化に伴ない雰囲気気酸素モル濃度の変化であり, 密度変化の影響は小さい.

参考文献

- (1) 北村, 伊藤, 千田, 藤本, “含酸素燃料のすす生成抑制効果に関する化学反応論的解析 (第2報), 自動車技術会論文集, Vol. 32, No. 1, p.41-46, (2001)
- (2) T.C.Yu, O.A.Uyehara, and P.S.Myers, SAE Trans.64, 690, (1956)
- (3) D. L. Siebers, “Ignition Delay Characteristics of Alternative Diesel Fuels: Implication on Cetane Number”, SAE paper 852102, (1985)

Fig. 2 Ignition delay under ambient density $\rho_a=10, 20\text{kg/m}^3$ (ambient oxygen mole fraction $X_{O_2}=0.21$)

Fig. 3 Effect of ambient oxygen concentration on ignition delay