

# Team Bio バイオディーゼル燃料の噴霧・燃焼特性に関する基礎的研究

研究担当者

 奥井 伸宜 (M2) 鈴木 哲平 (M1)  
 羽原 輝晃 (B4) 小野原 直樹 (B4)

2003 研究概要

## 1. 研究背景および目的

石油系燃料の枯渇化，地球温暖化，さらには深刻化する大気汚染などの地球規模の環境問題に対して厳しい規制が施行されている．ディーゼル機関はガソリン機関に比べて高効率で地球温暖化の原因物質である二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の排出量が少ないが，排出される有害物質は人体，環境に対し悪影響を及ぼす事が問題である．今後，経済活動を維持する上で，ディーゼル機関は高効率を維持しつつ，有害排出物の低減を図る事が課題である．そこで，有害排出物低減ならびに石油系燃料への依存より脱却する手段として，代替燃料が注目され，その研究が広く行なわれている．

なかでも植物油を原料としたバイオディーゼル燃料（BDF）は再生可能性，炭素循環性を併せもち，欧米を中心に古くから注目されている．日本では京都市で一般家庭および飲食店から回収した廃食油を既存のディーゼル機関で利用できるように BDF に転換し，軽油と混合した燃料を用いて市内のバスやごみ収集車を稼働させている．ここで，BDF は動粘度が軽油の約 2 倍であるが，燃料中の硫黄含有量が軽油の約 5000 分の 1 であり，酸素成分を質量割合で約 11% 含むことにより，排気ガス中の硫黄酸化物（SO<sub>x</sub>），一酸化炭素（CO），未燃炭化水素（HC）および微粒子状物質（PM）が低減すると報告されている．

本研究では，軽油の約 2 倍である BDF の動粘度に着目し，燃料温度および BDF の混合割合が噴霧および燃焼特性に与える影響の解明を目的とした．そこで，急速圧縮膨張装置（RCEM）を用いて供試燃料を単発噴射し，噴霧のシャドウグラフ撮影，輝炎の直接撮影および OH ラジカル自発光撮影を行なった．

## 2. 実験装置および実験条件

噴霧燃焼過程の把握を行なうために，一回の圧縮・膨張を模擬することが可能な RCEM を用いた．RCEM の排気量は 3534cc である．その概略図を図 1 に示す．

実験条件を表 1 に示す．BDF の混合割合に対する噴霧燃焼特性を調べるため，燃料として軽油に対する BDF の混合割合を体積分率で 0（Gas oil），20（B20），50（B50），80（B80），100（B100）とした 5 燃料を設定した．ここで，本実験に用いた BDF は京都市の各家庭および飲食店などから回収された廃食油をメチルエステル化することによって粘度を低くし，着火性を高め，軽油の燃料性状に近くしたものである．

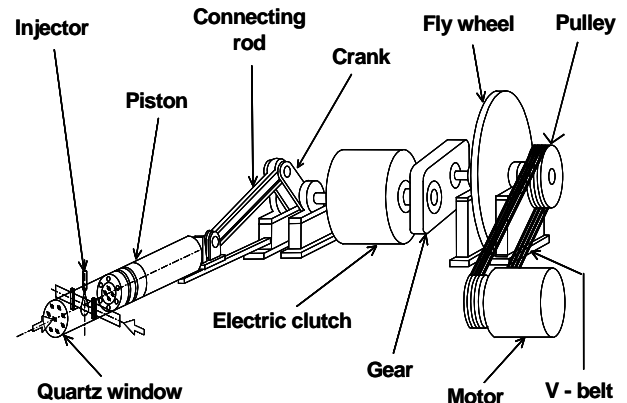


Fig.1 Schematic diagram of RCEM

Table1 Experimental conditions

Equivalent crank speed	200 [rpm]
Water jacket temperature	353 [K]
Compression ratio	15
Injection nozzle dimension	$d_n = 0.18$ [mm], $l_n/d_n = 4.17$
Injection pressure	20 [MPa]
Injection quantity	$10.0 \pm 1.0$ [mg]
Injection timing	$5.0 \pm 0.25$ [deg.CA BTDC]
Excess - air ratio	25
Ambient temperature at injection	750 [K]
Ambient pressure at injection	3.2 [MPa]
Initial cylinder pressure	0.1 [MPa]
Fuel temperature	$T_{fuel} = 313, 343, 363, 383$ [K]
Fuel	B100, B80, B50, B20, Gas oil

## 3. 実験結果および考察

### 3.1 シャドウグラフ撮影による噴霧の撮影

噴霧中の定性的な燃料蒸気挙動を把握するため，噴霧のシャドウグラフ撮影を行なった．光源にはキセノンランプを使用しハイスピードビデオカメラ（撮影速度 9000f.p.s.）により撮影した．得られた画像より各燃料の噴霧到達距離  $l$ ，噴霧角  $\theta_{max}$  を算出した．

燃料温度  $T_{fuel}=313, 343$  K における各燃料の噴霧到達距離を図 2 に示す．どちらの温度においても噴射開始後  $t=1$  msec 付近までは各燃料間に大きな違いはみられないが， $t=1-6$  msec の期間においては BDF 混合割合の増加に伴ない噴霧到達距離が増加する傾向にある．これは，BDF は軽油に比べ動粘度が高く貫徹力が高いためであると考えられる．また，燃料温度で比較すると， $T_{fuel}=343$  K は  $T_{fuel}=313$  K ほど各燃料間の噴霧到達距離の差が顕著にあらわれていない．これは，燃料温度の上昇による BDF の動粘度の低下が軽油に比べ大きいため，軽油との噴霧到達距離の差が小さくなったものと考えられる．

燃料温度  $T_{fuel}=313, 343\text{K}$  における各燃料の噴霧角  $\theta_{max}$  を図3に示す. どちらの温度においてもBDFの混合割合の増加に伴ない噴霧角は減少傾向を示す. これはBDFの混合割合の増加に伴ない燃料の動粘度が増加し, 噴流の半径軸方向に拡がる力が小さくなるためであると考えられる. また, 燃料温度で比較すると, 噴霧到達距離の傾向と同様に  $T_{fuel}=343\text{K}$  は  $T_{fuel}=313\text{K}$  ほど各燃料間の噴霧角の差が顕著にあらわれていない. これは前述のように, 燃料温度の上昇によってBDFの動粘度が低下し, 軽油との噴霧角の差が小さくなったものと考えられる.

### 3.2 すず発生領域および燃焼領域の比較

各燃料における火炎の形成状況の相違を定性的に把握するため, 着火燃焼過程における輝炎(すず)の直接撮影を行なった. また, 燃焼反応領域から燃焼ガス領域まで広範囲に分布する308nm付近のOHラジカル自発光を撮影することにより, 燃焼反応が活発に行なわれている領域の特定を行なった.

各画像の噴流先端部をTop, 後流部をBottomと定義することにより輝炎存在領域(すず存在領域)とOHラジカル存在領域(燃焼領域)の比較を行なった.  $T_{fuel}=313, 343\text{K}$  における軽油とB100のすず存在領域および燃焼領域を図4に示す. 軽油とB100を比較すると両者の燃焼領域はほぼ一致しているのに対し, すず存在領域については  $t=6\text{-}12\text{msec}$  の期間においてB100は軽油に比べ狭い. この期間は多くのすずが生成される拡散燃焼期間にあたり, B100ではこの期間にお

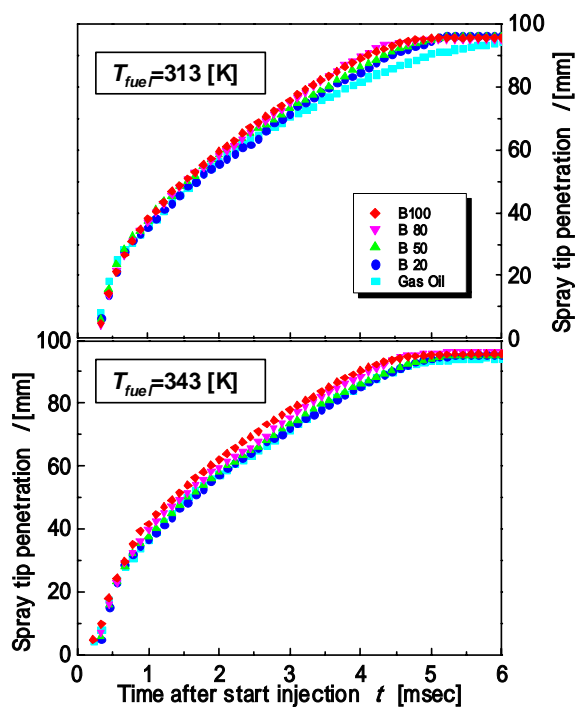


Fig.2 Effect of each fuel on spray tip penetration

けるすずの発生が抑制されていることがわかる. これは, BDFの理論空燃比が低いためであると考えられる. また, 各燃料を燃料温度で比較すると, 両燃料とも燃焼領域に変化はほぼみられない. すず存在領域については, 軽油はほぼ変化がないのに対し, B100では燃料温度の上昇によって大きく減少している. これは前述のように, 燃料温度の上昇によってBDFの動粘度が下がり微粒化が促進され, 良好な可燃混合気を形成したためであると考えられる.

### 4. 今後の予定

- BDFの排気特性を季節毎に調べるため, 実車を用いた排気ガス計測.
- BDFの燃焼排気特性を調べるため, 画像二色法およびレーザ誘起赤熱(LII)法によるすず生成過程の把握.

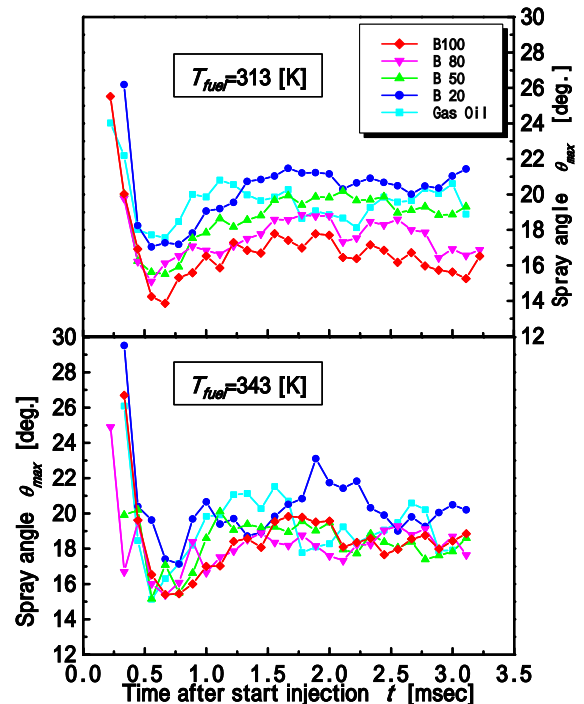


Fig.3 Effect of each fuel on spray angle

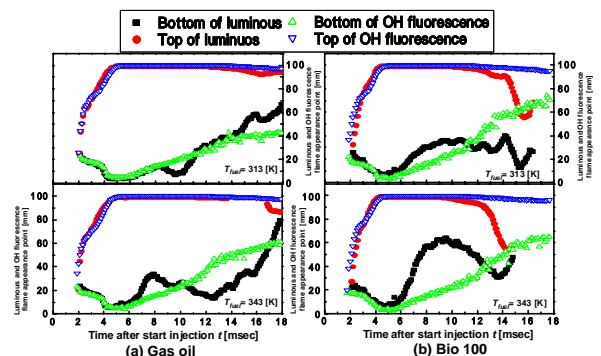


Fig.4 Time History of luminous and OH fluorescence frame point for Gas oil, Bio100