



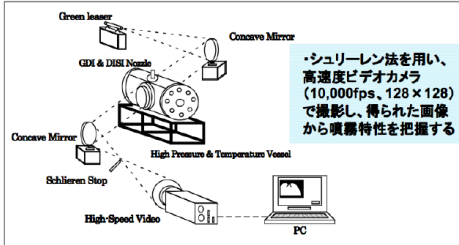
直噴ガソリンノズル(DISノズル)によるDME噴霧の特性を把握し、DISノズルによる筒内直接噴射を予混合圧縮着火(HCCI)機関の燃焼制御に用いることを検討する。

Chemical Formula	DME	Diesel Fuel	n-heptane
Molecular Weight	66.07	-	100.2
Density of Liquid (kg/m <sup>3</sup> ) at 298K	668	840	684
Carbon Content (wt%)	52.2	87	86
Hydrogen Content (wt%)	13	13	16
Oxygen Content (wt%)	34.8	0	0
Liquid Viscosity (cP) at 298K	3.13	25.4	0.39
Boil. Point (K)	6.37×10 <sup>4</sup>	1.49×10 <sup>4</sup>	-
Solubility in H <sub>2</sub> O (g/m <sup>3</sup> ) at 298K	30000	-	-
Melting Point (K)	134.6	-	182.6
Boiling Point (K)	349.2	455~459	371.6
Vapor Pressure (kPa) at 298K	0.45	-	0.40
Heat of Vaporization (kJ/kg) at 298K	467	300	317
Heat of Combustion (MJ/kg)	38.8	43.6	48.1
Critical Pressure (MPa)	5.37	-	2.74
Critical Temperature (K)	400	-	540
Stoichiometric AF Ratio	9	14.6	15.8
Autoignition Temperature(K)	508	529	568
Synthetic Lubrication Add (wt%)	1.6~18.0	0.6~7.5	1.1~5.7
Octane No.	>>50	58~63	90

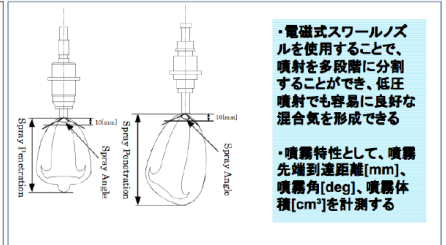
・DMEは、炭素の直接結合がなく、窒素を分子中に含まないため排気がクリーンとなる

・セタン価が高くディーゼル機関への適用が容易

・粘度が低く潤滑性に欠ける



・シュリーレン法を用い、高速度ビデオカメラ(10,000fps, 128×128)で撮影し、得られた画像から噴霧特性を把握する

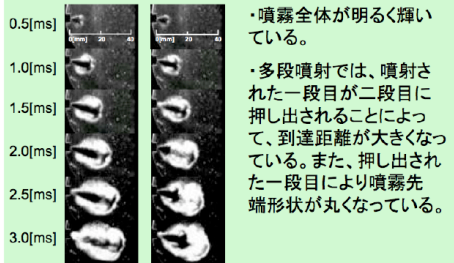


・電磁式スワールノズルを使用することで、噴射を多段階に分割することができ、低圧噴射でも容易に良好な混合気を形成できる

・噴霧特性として、噴霧先端到達距離[mm]、噴霧角(deg)、噴霧体積[cm<sup>3</sup>]を計測する

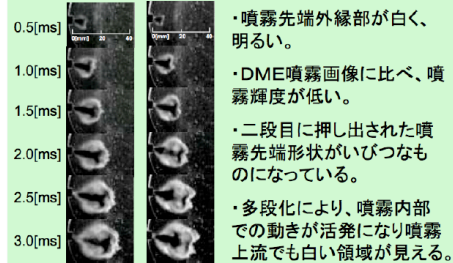
## 噴霧特性の検討

### DME



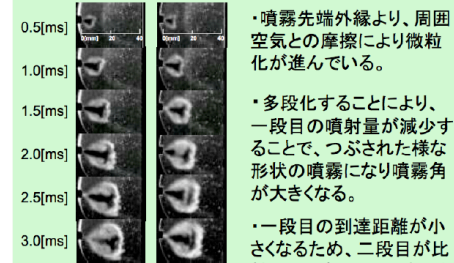
・噴霧全体が明るく輝いている。  
・多段噴射では、噴射された一段目が二段目に押し出されることによって、到達距離が大きくなっている。また、押し出された一段目により噴霧先端形状が丸くなっている。

### n-heptane

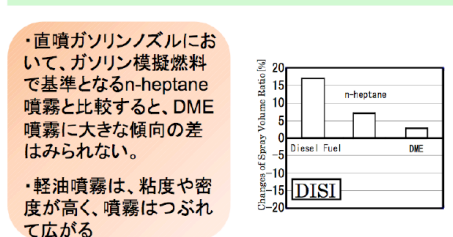
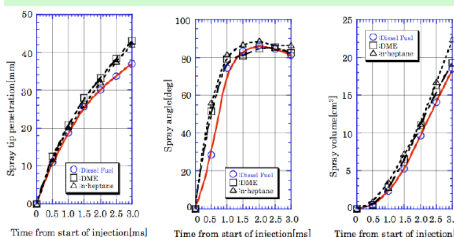


・噴霧先端外縁部が白く、明るい。  
・DME噴霧画像に比べ、噴霧輝度が低い。  
・二段目に押し出された噴霧先端形状がいびつなものになっている。  
・多段化により、噴霧内部での動きが活発になり噴霧上流でも白い領域が見える。

### Diesel Fuel



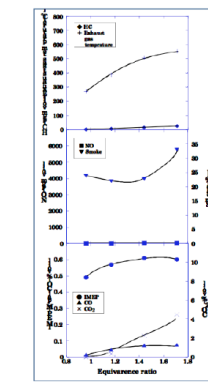
・噴霧先端外縁より、周囲空気との摩擦により微粒化が進んでいる。  
・多段化することにより、一段目の噴射量が減少することで、つぶされた様な形状の噴霧になり噴霧角が大きくなる。  
・一段目の到達距離が小さくなるため、二段目が比較的早く追いつき、噴霧を広げ噴霧先端では、微粒化が促進されている。



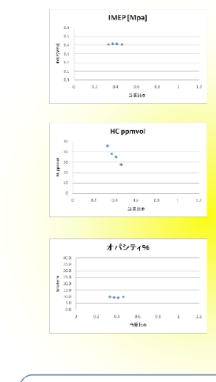
・直噴ガソリンノズルにおいて、ガソリン模擬燃料で基準となるn-heptane噴霧と比較すると、DME噴霧に大きな傾向の差はみられない。  
・軽油噴霧は、粘度や密度が高く、噴霧はつぶれて広がる

・多段化による噴霧体積の変化は、蒸発性よりも密度や粘度等が噴霧特性に影響を与えているものと考えられ、軽油が最も大きく、DMEは最も小さくなる傾向がある。  
・DISノズルにおけるDME噴霧は、多段化による噴霧体積等への影響は少ない。しかし、周囲空気との混合過程が変化するものと考えられ、混合気分布が大きく異なるものと思われる。そのため、噴射条件を変更することで細かい燃焼の制御ができるものと考えられる。

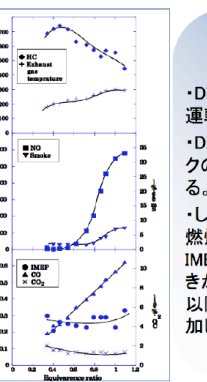
## 運転試験



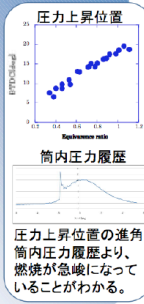
・実際にDISノズルをディーゼルエンジンに取り付けて運転を試み、DME直噴による運転を行うことができた。  
・軽油を用いた一般的なDI機関に見られる、スモークとNOのトレードオフ関係がみられた。  
・HC, NOの排出が少なかった。  
・今回、DME噴射圧を8MPaとしたが、噴射期間の長期化から、当量比φ=1.4以降でスモークが増加した。



・HCCIのみの運転に比べてIMEPが約0.1MPa上昇し、ほぼ一定の値をとっている。  
・HCCIと同当量の量比においてHCが大幅に減少している。  
・この当量域で、HCCIではスモークはほぼ排出されないが、複合運転では10%程度の排出量のみみられた。



・DI運転確認後、HCCI運転をおこなった。  
・DI運転と比べスモークの排出が低減している。  
・しかし、DI運転と比べ燃焼が急峻であり、IMEPのばらつきが大きかった。また、φ=0.5以降でNOが急激に増加している。



○燃料噴射により燃焼を制御可能  
×スモークの排出が多い

### DI運転

・比較のためDI条件を噴射期間16[deg], 噴射タイミングBTDC30°に固定し、HCCI側の燃料供給量を増加させていくことで、HCCI+DI複合運転の評価を行った。そのため、上図の当量比は、DIによる燃料噴射量は含まれていない。

### HCCI+DI複合運転

お互いのメリットを高め、デメリットを打ち消し合う方法を模索

○CO, スモークの排出が少ない  
×燃焼制御手法が確立されていない

### HCCI運転

今回のHCCI運転では燃焼が急峻なために、IMEPのばらつき、NOの多量発生を招いた。これにDIを組み合わせて、燃焼速度の制御を試みていく。噴霧特性を考慮した上でDI噴射タイミング、多段噴射時の噴射率を変化させて運転を行い、燃焼状態を解析していく。