

Team FD 低エミッション・燃焼制御のための燃料設計コンセプト

研究担当者 川野 大輔(D3) 和田 好充(M1) 橋田 佳明(B4) 大嶋 元啓(B4) 2002 研究概要

1. 研究背景および目的

ディーゼル機関は高熱効率である反面、有害排気ガスが問題視されており、これらの低減が急務である。これまで本研究室では液化CO₂と軽油系燃料の混合燃料による噴霧燃焼制御法を提案し、排気ガス低減効果を実証してきた。本研究では、その第二段階として、既存の低沸点燃料(ガソリン、ガス成分)、高沸点燃料(軽油、重油成分)の混合燃料を用いた燃料設計コンセプトを提案している。沸点の異なる燃料を混合する際、圧力-温度線図上に気液の混在する二相領域が形成され、噴霧は二相領域を通過することにより減圧沸騰を生じ、微粒化が促進される。本研究は減圧沸騰現象を活用し、高熱効率・低エミッションの両立を実現することを目的としている。

2. 燃料設計コンセプト

- (1) 輸送物性値の異なる燃料を混合し、その値を任意に制御できる。
- (2) 気体燃料を高沸点燃料と混合することにより、飽和蒸気圧曲線は高温・低圧側に移行し、容易に液体燃料化できる。
- (3) 沸点の異なる燃料を混合する際、圧力-温度線図上に気液の混在する二相領域を形成する。噴霧は図1に示すように二相領域を通過することにより減圧沸騰を生じ、微粒化・蒸気化が促進される。
- (4) 着火性の異なる燃料の混合により着火制御が可能となる。
- (5) 減圧沸騰効果により噴霧内部への空気導入が促進され、PMの排出を低減できる。
- (6) 着火性に富む燃料による燃え切り、および混合気生成の促進によりHC排出量を抑制できる。

3. 実験条件および実験方法

本実験は一回の急速な圧縮・膨張が可能な急速圧縮膨張装置(RCEM)を用いて行った。RCEMの概略図を図2に示す。供試燃料にはLPG(C₃H₈含有率80%)とn-トリデカン(沸点509K)の混合燃料(以下、LPG混合燃料)を用い、混合割合はモル分率で0.8:0.2とした。その際、表1に示すように筒内の雰囲気条件を変え、噴射時の減圧でLPG混合燃料が二相領域に到達しない条件(条件1M, 1D)と到達し減圧沸騰を生じる条件(条件2M, 2D)を設定した。

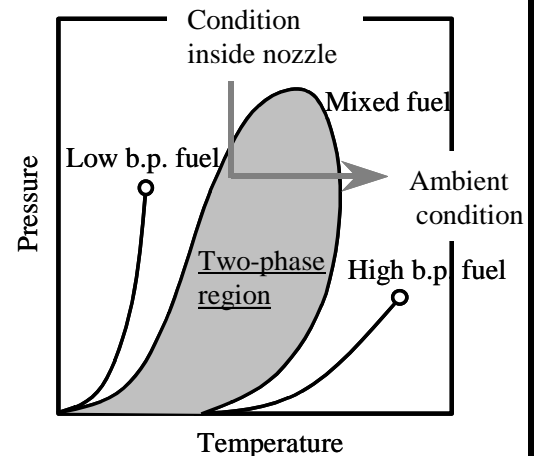


Fig1. Two-phase region

Table1. Ambient conditions

Experiment	Mie scattering		Direct photograph	
	1M	2M	1D	2D
Ambient condition				
Ambient gas [vol.%]	N ₂ : 100	Ar : 73.4 CO ₂ : 26.6	He : 31.0 N ₂ : 41.8 Ar : 9.0 O ₂ : 18.2	N ₂ : 5.0 Ar : 65.0 O ₂ : 30.0
Ambient oxygen concentration[mol/m ³]*	0	0	72.07	72.07
Compression ratio	15	11	10.52	10.52
Initial cylinder pressure [MPa]	0.071	0.066	0.101	0.061
Ambient pressure [MPa]*	2.47	1.72	2.61	1.62
Ambient temperature [K]*	740	751	812	831
Ambient density [kg/m ³]*	11.4	11.4	8.88	8.88
Ambient viscosity[μPa·s]*	34.2	41.4	38.0	45.9
Specific heat at constant pressure[J/kg·K]*	1115	702.7	1235	685.1
Injection period [ms]	2.5	2.5	4.0	4.0
Orifice pressure drop[MPa]	12.4	12.4	14.1	14.1

* At injection

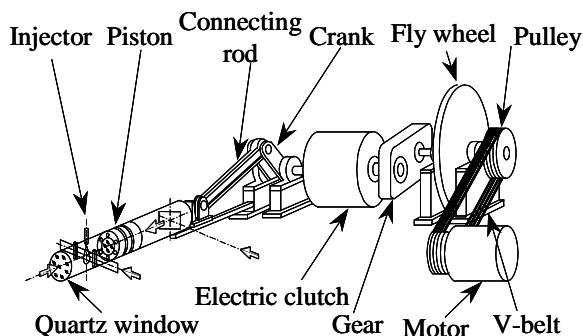


Fig2. Schematic diagram of RCEM

4. 結果および考察

4.1 噴霧実験

図 3 に Mie 散乱光撮影により得られた、燃料噴射後 0.5ms における噴霧液相部の散乱光画像と噴霧半径方向の輝度値分布を示す。散乱光画像より、噴射直後の減圧のみで減圧沸騰を生じる条件 2M の噴霧液相部は二相領域に到達せず減圧沸騰を生じない条件 1M に比べ輝度値が低下している。減圧沸騰を生じた噴霧内部では溶解している LPG や空気が気泡として析出する。この気泡は成長し、やがて破裂に至り、噴霧を内部から微粒化する。したがって、これは減圧沸騰により噴霧が微粒化を促進されたと考えられる。このことは噴霧半径方向の輝度値分布からも確認でき、内部における輝度値低下が顕著である。さらに図 4 に示すシャドウグラフ撮影画像において、条件 2M の噴霧は条件 1M に比べ、噴射直後から拡がりを持っている。これらのことから、噴射直後の減圧により減圧沸騰を生じた噴霧は噴射直後から微粒化促進効果が得られることが分かる。また、本実験の減圧度(飽和蒸気圧-雰囲気圧)はさほど大きくない。それにも関わらず、上記のような結果が得られたことから、より大きな減圧度を確保することにより、さらなる減圧沸騰による微粒化促進効果が期待できる。

4.2 燃焼実験

減圧沸騰が燃焼特性に与える影響を調べるため、直接撮影により輝炎の発生状況を観察した。撮影画像を図 5 に示す。減圧沸騰を生じる条件 2D の輝炎は壁面に衝突した後、条件 1D に比べ短時間で消失している。減圧沸騰を生じた噴霧は内部から気泡を生成するため、運動量が下流方向のみならず半径方向にも働く。これにより、効果的に周囲空気を取り込み、すすの生成が抑制されたと考えられる。

今後の研究方針

- シャドウグラフ撮影による火炎の観察。
- OH ラジカルの自発光撮影。
- 実機関を用いた排気ガス測定および性能試験。

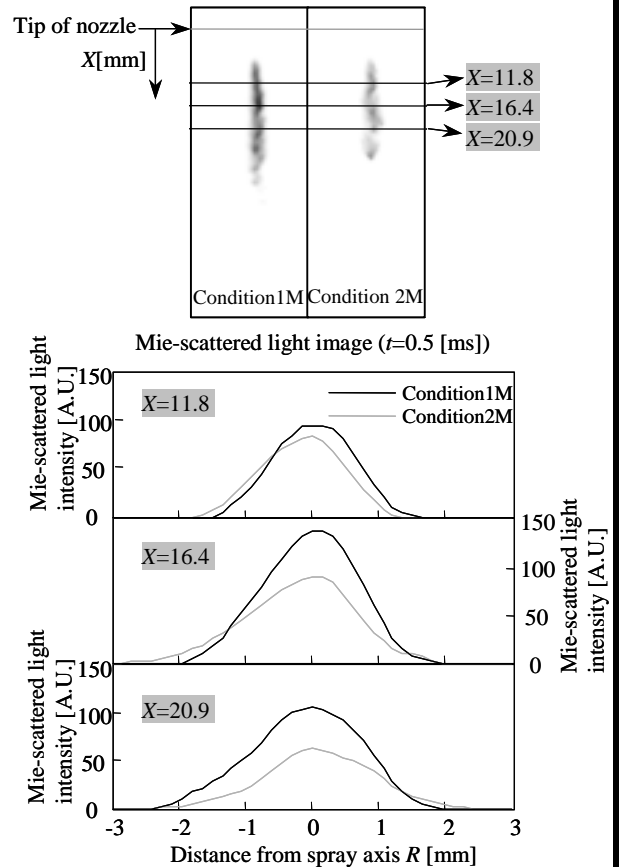


Fig3. Mie scatterd light distribution in radial direction at each distance from nozzle tip

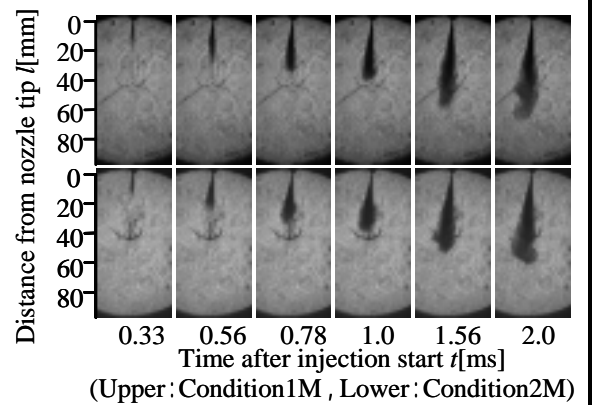


Fig4. Shadowgraph images in spray experiment

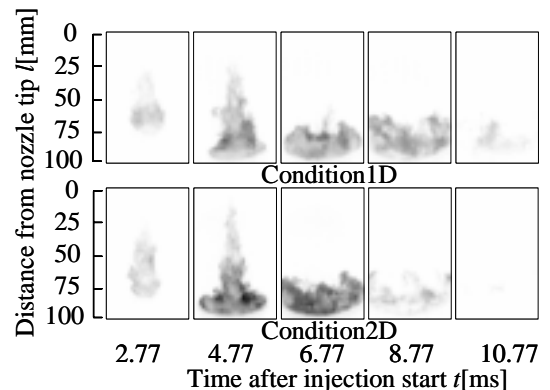


Fig5. Direct photograph of flame shape under each condition