

Team Spray-cat.

ディーゼルエンジン後処理用排気管内インジェクタから噴射される噴霧挙動解析

担当者

蟹由惇(M2) 丹羽晶大(M2) 草野修平(M1) 吉田みづき(B4) 更家拓巳(B4)

2017年度班紹介資料

1. 研究背景および目的

近年、ガソリンエンジンと比較して高熱効率なディーゼルエンジンが注目されている。しかし、ディーゼルエンジンは人体に悪影響を及ぼす粒子状物質（PM：Particulate Matter）および窒素酸化物（NOx：Nitrogen Oxides）の排出が問題視されている。しかし、燃焼改善技術のみでは排気ガス規制に対応することは困難であり、後処理技術が必要不可欠になっている。

PMを低減させる後処理装置としてディーゼル微粒子捕集フィルター（DPF：Diesel Particulate Filter）が普及しており、PMを90%以上捕集している。しかし、捕集量の増加に伴い圧力損失が上昇するため、捕集したPMを燃焼除去するDPF再生を行う必要がある。DPF再生を行うためには600℃程度の雰囲気場が必要であるが、ディーゼル機関が市街地走行の際の排気温度は600℃に至らない。したがって、走行条件に関係なく排気温度を強制的に上昇させる必要がある。そこでDPF前段に設置された酸化触媒（DOC：Diesel Oxidation Catalyst）に軽油を供給し、軽油の酸化熱によって排気温度を上昇させPMを燃焼させる。軽油の供給方法としてポスト噴射および排気管噴射が挙げられる。しかし、ポスト噴射は燃料がシリンダ壁面に付着してオイル希釈を起すため燃費の悪化につながる。そこで、本研究では排気管噴射に着目した。排気管噴射では、排気管内インジェクタからDOCまで十分な距離を確保することが困難である。そのため排気温度を効率よく昇温させるため燃料の早期蒸発化および均一分散化が技術課題であり、噴霧挙動を詳細に把握することが重要である。しかし排気管内は非常に複雑な現象を含んでおり、モデルを用いたHC濃度分布計算はされているが、噴霧挙動を十分に研究された例はほとんどない。そこで本研究では排気管内に噴射された噴霧を実験的解析にて把

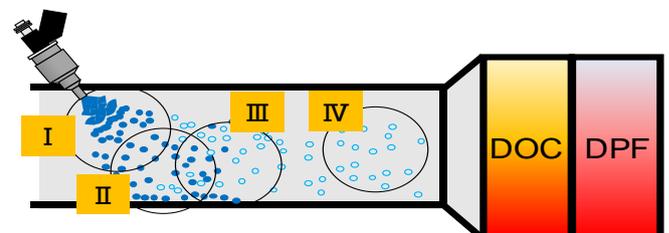
握し、排気管内のHC濃度分布を高精度に予測可能な数値解析モデルの構築を目的とする。

排気管噴霧モデルを構築するにあたり図1に示す自由噴霧領域、壁面衝突噴霧領域、液膜付着および蒸発領域、HC濃度分布領域の各現象を把握する必要がある。そこで、下記にHC濃度分布領域に着目して、高温流動場が噴霧挙動およびDOCに到達するまでの燃料蒸発過程に及ぼす影響を調査するにあたっての実験手法を紹介する。

2. 実験装置および実験条件

2.1 高温ガス生成装置

図2に高温ガス生成装置の概略図を示す。高温ガス生成装置とは、ディーゼル機関の排気ガスを模擬した高温ガスを生成することが可能な装置である。この装置は、空気とプロパンガスを混合し、ガスバーナを用いて燃焼室内で燃焼させることで高温ガスを生成する。また、装置内部の水槽内に水との接触面積の異なる2経路の配管を設置し、それぞれの配管に流入する高温ガス量を制御することで任意の温度に設定することが可能となる。また、プロパンガスおよび空気の混合割合を変化させることで酸素濃度を任意に設定することが可能である。そして、上記の手法で制御された高温ガスを配管に送り込み生成した高温流動場にインジェクタより燃料を噴射することで計測を行う。計測手法を下記に示す。



Physical process

- I . Free Spray
- II . Impingement Spray
- III . Flow and evaporation of liquid-film
- IV . HC concentration distribution

Fig. 1 Secondary Fuel Injection Mechanism

2.2 前方散乱光撮影

高温流動場における噴霧全体像を把握するために前方散乱光撮影を行った。図2に光学系の概略図を示す。光源にはメタルハライドランプ（ウシオライディング株式会社：UF3250NAC）を用い、側面に石英ガラスを設置した短形の可視化配管に前方から光を入射させた。また、噴霧撮影には高速度ビデオカメラ（Photoron：FASTCAM APX RS）を用い、撮影速度は20000fpsとした。

2.3 シュリーレン撮影

高温流動場における噴霧の蒸発挙動を把握するためにシュリーレン撮影を行った。図2に工学系の概略図を示す。光源には可視化レーザー照明（Nobby Tech社製：CAVILUX Smart、波長： $\lambda_L=640\text{nm}$ ）を用い、先端にアダプタを装着し、点光源へと変換した。レーザーにより照射された光は平凸レンズ（焦点距離 $f=1200\text{mm}$ ）により、平行光を作成し、可視化配管

を通過させた。さらに、平凸レンズ（焦点距離 $f=1200\text{mm}$ ）を通過することにより集光し、ナイフエッジを介して高速度ビデオカメラ（Photoron：FASTCAM APX RS）を用いて撮影を行った。撮影速度は20000fpsとした。

2.4 HC濃度計測

図2にHC濃度計測における実験系を示す。HC濃度計測には水素炎イオン化検出器FID（CAMBUSTION：HFR500）を用いた。ここで、計測機器にHCが液滴のまま侵入故障するのを防ぐため貴金属を担持していない長さ約30mmの触媒を介してHC濃度計測を行った。また、計測に用いた配管レイアウトは配管径 ϕ を54.9mmとし、インジェクタ先端から計測点までの距離 L が400mmの位置にて、配管断面7点でHC濃度計測を行った。また、計測する際のサンプリング分解能は1msとし、噴射開始から10s間計測を行った。

2.5 実験条件

表1に実験条件を示す。全実験において供試燃料にJIS2号軽油、ノズルには噴孔径 $500\mu\text{m}$ のスワールノズルを用いた。燃料温度 T_f を 80°C 一定とし、噴射圧力 P_{inj} を1,4MPaとした。また、噴射量 Q_{inj} を30mg/strとし、配管内のガス温度 T_g を20, 180, 270, 350°C とした。ガス流速は想定エンジンである1AD-FTV（ボア×ストローク： $\phi 86 \times 86$ 、排気量 1998cm^3 、圧縮比16.8）の100km/h走行条件（排気温度 350°C 、排気流量30g/s）のガス流速 $V_g=22.6\text{m/s}$ を基準流速条件とした。加えて過給を考慮した高SV条件として雰囲気温度 T_g が 350°C のみガス流速 V_g が 67.9m/s の条件においても実験を行った。雰囲気圧力 P_a を0.1MPa、ノズル先端から壁面までの距離を50mmとした。またインジェクタ先端から計測点までの距離を400mmとした。

Table 1 Experimental conditions

Fuel	JISNo.2 Diesel	
Nozzle type	Swirl	
Injection quantity	Q_{inj} [mg/str]	30
Injection pressure	P_{inj} [MPa]	1, 4
Injection duration	t_{inj} [ms]	11, 5.7
Distance to the wall	[mm]	50
Ambient gas temperature	T_g [$^\circ\text{C}$]	20, 180, 270, 350
Wall temperature	T_w [$^\circ\text{C}$]	$\approx T_g$
Gas velocity	V_g [m/s]	22.6, 67.9($T_g=350^\circ\text{C}$)
Ambient Gas pressure	P_g [MPa]	0.1
Fuel temperature	T_f [$^\circ\text{C}$]	80
Distance to the measuring point	L [mm]	400

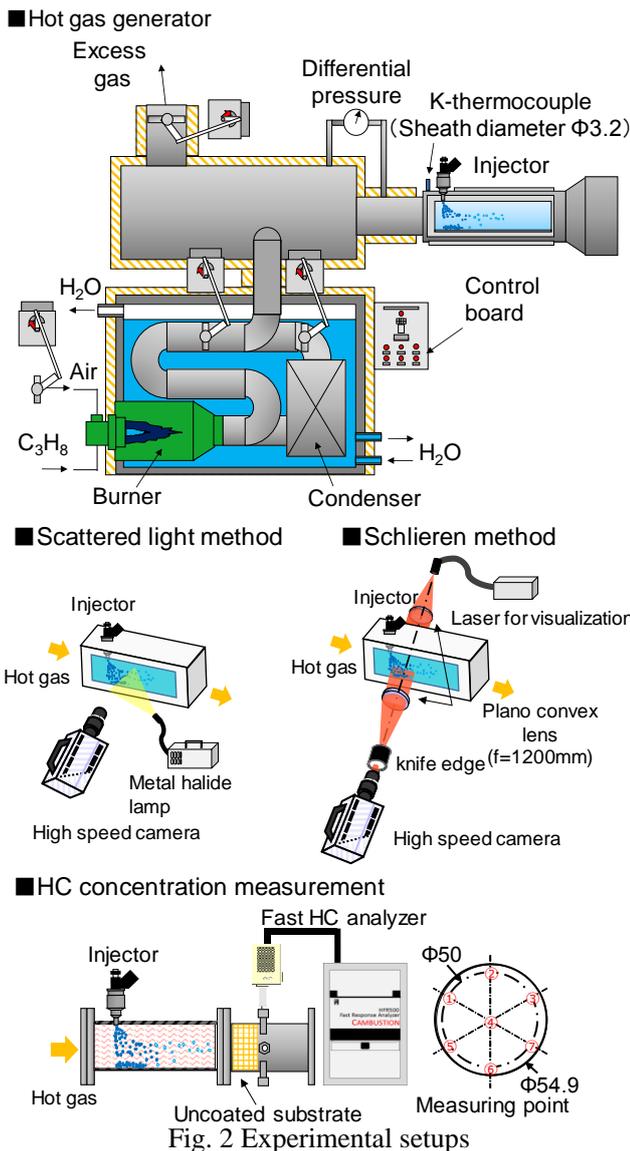


Fig. 2 Experimental setups