

## ディーゼル機関排出ガス昇温用小型軽油バーナの始動性の検討

日大生産工 (院) ○ 勝田 桂輔 日大生産工 野村 浩司 日大生産工 菅沼 祐介  
日野自動車 (株) 齋藤 郁 日野自動車 (株) 津曲 一郎

## 1. 緒言

車両用ディーゼル機関から排出される Particulate Matter (PM)の対策には、PMを捕集し、大気中への放出を低減する Diesel Particulate Filter (DPF)の搭載が主流である。DPFを使用する場合、DPFに蓄積したPMの除去が必要である。PMの除去方式には、酸化触媒を使用した連続再生・強制再生方式とバーナによる昇温再生方式がある。

本研究では、エンジンの運転状態に制約を受けずに燃料を直接燃焼させて排出ガスを昇温可能なバーナ方式に着目した。PMの酸化温度である600℃以上に排出ガスを加熱することで、PMを除去することが可能となる。バーナには、再生加熱蒸発方式および予蒸発予混合方式を組み合わせて採用した。再生加熱蒸発方式は燃料を燃焼熱によって気化させる方式であり、霧化装置を必要としないため、バーナの低価格化と小型化が期待できる。予蒸発予混合方式は気化した燃料と空気の予混合気を燃焼させる方式であり、澁谷ら<sup>1)</sup>は予蒸発予混合方式をバーナに採用することにより、拡散火炎より火炎長が短縮され、燃焼器の小型化が可能であるとしている。しかしながら、再生加熱蒸発方式始動には外部からの熱エネルギーを必要とし、定常運転までに時間を要する。安定燃焼までの始動時間を短縮することが課題である。

本報では、これまで研究に使用してきた実験室規模バーナ (FTB-4)と燃焼室形状が同様で、バーナ質量、即ち熱容量が3分の1程度となる薄肉バーナ (FTB-5)の製作を行い、実機搭載時に重要となるバーナの始動性、保炎性について検討・改善を行ったので報告する。

## 2. 実験装置および方法

図1に実験装置概略を示す。実験装置はバーナ本体、制御装置、計測装置などから構成される。図2にバーナ概略を示す。バーナは、燃焼室、ノズル、燃料蒸発器などから構成される。材料にはSUS303を用い、FTB-5バーナは3Dプリンタにより製作した。一次空気および燃料蒸気は旋回しながら燃料蒸発器内で混合し、燃焼室で燃焼する。燃焼室容積は約75ccである。燃焼で発生した熱が燃焼室壁面を伝わり、蒸発器内の液体燃料の蒸発および空気の昇温に利用され、軽油蒸気/空気予混合気生成される。バーナ上部に高さ350mmの観察窓付き外筒を設置し、周囲の空気が燃焼に及ぼす影響を抑制した。燃焼ガス温度計測はノズル出口から200mm上方の位置で行った。計測装置は、燃焼ガス温度、蒸発器温度、バーナ下部温度およびバーナ外壁温度測定用のK種熱電対、燃料・空気質量流量計、および火炎観察用デジタルカメラから構成される。

以下に実験方法を記述する。本報では、バーナを一段燃焼モードで使用した。燃料蒸発器内に設置した電気ヒータ (261W タイネツ機材社製)でバーナを加熱し、蒸

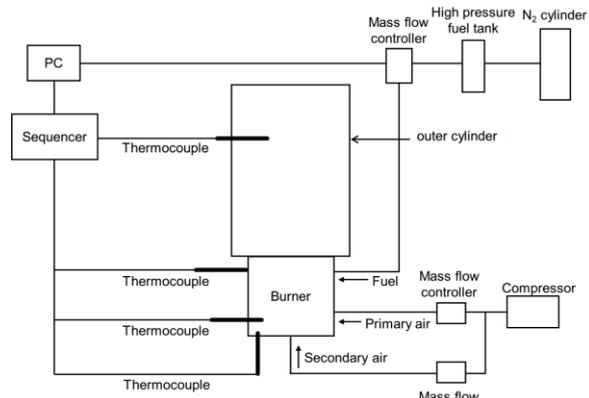


Fig.1 Experimental apparatus.

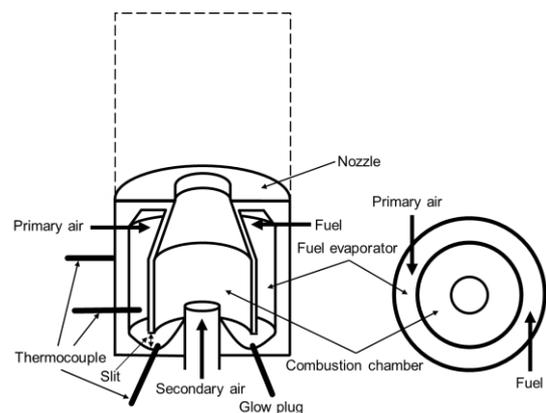


Fig.2 Small light oil burner.

発器温度が100℃に達した時点で一次空気および燃料を投入した。点火はバーナ下部に設置したグロープラグで行った。その後、蒸発器温度が軽油の蒸留曲線の終点である347℃以上になった時点で保炎マップ取得実験を開始した。なお、バーナの溶損を避けるため、実験中に蒸発器温度が600℃、外筒外壁温度が400℃、または燃焼ガス温度が900℃を超えた場合は実験を停止した。燃料には市販の軽油を使用し、酸化剤にはコンプレッサからの圧縮空気を用いた。始動性評価実験では、電気ヒータによるバーナの加熱を開始した時点から各箇所の温度履歴を取得した。バーナの初期温度は室温とした。空気と燃料は、点火までは燃料流量2.0g/min、空気流量5g/minで、点火後は燃料流量3.0g/min、空気流量32g/minで暖機を行った。

Improvement of starting sequence of a small light oil burner to heat exhaust gas of a diesel engine

Keisuke KATUTA, Hiroshi NOMURA, Yusuke SUGANUMA, Iku SAITO and Ichiro TSUMAGARI

### 3. 実験結果

#### 3.1. 一段燃焼実験

図3に薄肉バーナの一段燃焼実験結果を示す。横軸に一次空気流量  $Q_{a1}$ 、縦軸に燃料流量  $Q_f$  を示している。○は10分以上保炎が可能であった条件、△はバーナの溶損防止のために実験を中止した条件、▼は再生加熱不足となり燃料蒸発器温度が低下した条件、■は10分の間に消炎に至った条件である。

保炎可能範囲は一次当量比1.0から2.2まで保炎可能であった。当量比2.0の条件において燃料流量12 g/min以上保炎可能であった。当量比1.0から1.4、燃料流量4.0 g/minの条件において燃料蒸発器温度が600℃を超えたため実験を中止した。薄肉バーナにおいては、蒸発器温度の上昇がバーナ溶損防止のために実験を中止した唯一の条件であった。また、一次当量比2.2、燃料流量10 g/minの条件で再生加熱不足が生じた。その後、当量比の増大に伴い再生加熱不足の生じる燃料流量が低下する傾向にあることがわかる。これは、当量比の増大に伴う火炎温度の低下によって再生される熱量が減少し、低い燃料流量で再生加熱不足に至ったのだと考えられる。また、当量比2.2以上で吹飛びによる消炎が生じることがわかった。これは、燃焼速度の低下が原因と推察される。当量比の増大に伴って吹飛びの生じる燃料流量が低下していることからこの推察が裏付けられる。

FTB-4との保炎性能を比較すると、FTB-5は当量比2.4以上での保炎が困難となり、保炎範囲が狭まる結果となった。これはバーナの薄肉化により熱容量が低下し、バーナ温度が定常に近づく時間が短縮されたことが原因と考えられる。すなわち、再生加熱に需要と供給の不均衡が生じると急速にバーナ温度が下降または上昇してしまうため、10分間の実験時間内に消炎または過加熱に至り易くなったと考えられる。再生加熱不足の解消には、バーナの断熱が重要である。

#### 3.2. 始動シーケンスの模索

実機搭載時にはバーナを短時間で確実に始動することが重要である。そこでバーナの始動過程の各部温度履歴を取得し、燃料流量や一次当量比が始動性に及ぼす影響について検討を行った。図4に、薄肉バーナが自動始動が成功した一例の温度履歴を示す。時間の原点は電気ヒータによる蒸発器の加熱を開始した時刻である。燃焼ガス温度を  $T_{Gas}$ 、燃料蒸発器温度を  $T_{Evp}$ 、バーナ外壁温度を  $T_{Out}$  と表記した。排出ガス温度の目標は約600℃とした。

燃料を投入してからバーナの点火に要する時間は約25秒であった。この時間の大半は、蒸発器内を燃料蒸気が満たすのに要する時間であると考えられる。温度の上昇が急峻で時刻の特定が容易であるヒータを作動させてから燃焼ガスが500℃以上になるまでに要する時間を計測した結果、約100秒であった。蒸発器温度が軽油の蒸留曲線の終点以上になるのには、ヒータを入れてから約300秒程度必要であった。600秒経過してもまだバーナが定常状態に到達していないこともわかった。また、600秒後更に10分以上保炎を行い、消炎や逆火などバーナの運転に支障となる現象は起こらないことを確認した。FTB-4についても同じ制御シーケンスを用いて始動実験を行った。その結果、FTB-5はFTB-4と比較し、燃焼ガス温度が500℃以上になるまでの時間が35%に、蒸発器温度が軽油の蒸留曲線の終点以上になるまでの時間が20%程度に短縮された。バーナの薄肉化により始動の短期化を実現できることが確認された。始動試験の結果から、本バーナのさらなる始動性向上は、ヒータ出力の増大やバーナの断熱性向上、燃料・空気流量の蒸発器温度に対応させた段階的変更によって可能であると考えられる。

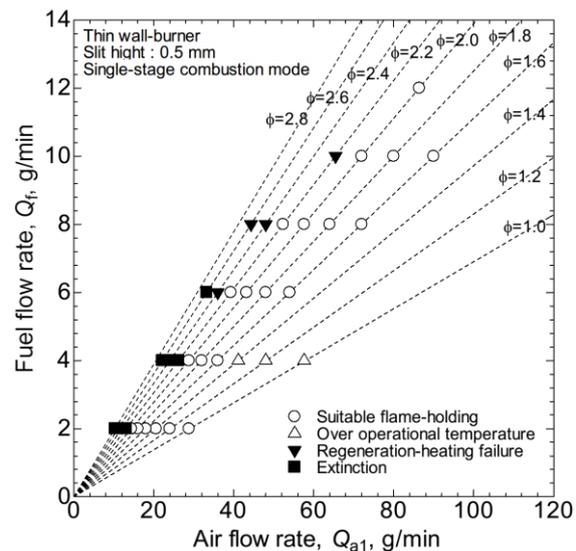


Fig.3 Flame-holding map.

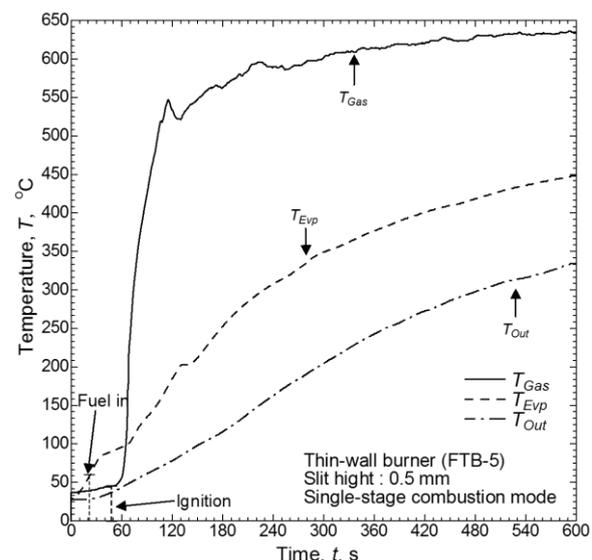


Fig.4 Temperature histories of the thin-wall burner at start sequence.

### 4. 結言

ディーゼル機関排出ガス昇温用軽油バーナの薄肉化を図り、始動性・保炎性について検討を行った。以下に得られた知見を示す。

- (1) FTB-5はFTB-4と比べ、燃焼ガス温度が500℃以上および蒸発器温度が蒸留曲線の終点以上になるのに要する時間が35%に、および20%程度に短縮され、始動性が改善された。
- (2) バーナの薄肉化により保炎が可能な当量比範囲は狭まり、1.0から2.2の範囲であった。最大燃料流量には本実験の作動範囲において薄肉化の影響は現れず、12 g/min以上だった。

#### 参考文献

- (1) 渋谷・津曲・細谷・小出、ディーゼル用小型バーナの研究、自動車技術会学術講演会前刷り集、(2014)、No.89-14: 1-4