

OS0106 EGR クーラー内部への PM の堆積速度と成分分析

Deposition Rate and Compositions of PM deposited in a EGR Cooler

○トゥリタ グナティラカ(群馬大.院) 惣角 尚弥 (群馬大.院) 柴崎 嘉隆(三菱工業)

正 古畑 朋彦 (群馬大.工) 正 新井 雅隆 (群馬大.工)

Turita GUNATILAKA, Naoya SOUSUMI, Yoshitaka SHIBASAKI, Tomohiko FURUHATA, Masataka ARAI

Department of Mechanical System Engineering, Gunma University, 1-5-1 Tenjin-cho, Kiryu, Gunma, Japan

Key Words : Diesel Engine, Low NO_x , EGR Cooler, PM Deposit

1. 緒言

ディーゼル機関から排出される NO_x を機関内で低減するためには、燃焼時の温度を低下させることが有効である。この一つの手法として排ガス再循環 (EGR) がある。しかし、排ガスは高温であるため、そのまま吸気に還流すると吸気の体積効率が下がり出力低下の原因となる。したがって、排ガスを EGR クーラーにより冷却して還流する方法が用いられている。ディーゼル燃焼後の排ガス中には PM や凝縮性の HC などが含まれ、それが EGR クーラー内の熱交換部に堆積するとクーラーの熱交換効率を低下させることになる。

そこで本研究では、EGR クーラー内部に堆積する PM の堆積速度と構成成分に及ぼす EGR クーラー出口温度、EGR クーラー内の排ガス流量及び空気過剰率の影響を調べた。

2. 実験装置及び方法

実験装置の概略を Fig.1 に示す。本研究では、YANMAR NFD170 横型水冷 4 サイクル単気筒ディーゼル機関(シリンダー内径 102mm, 行程 105mm) を用いて、排ガスを吸気には戻さないように EGR クーラーを設置して実験を行った。EGR クーラーを通過する排ガス流量を調整するために EGR クーラー流路の手前で分岐して EGR クーラーを通さずに直接排出できるバイパス排ガスラインを設置した。各ラインのバルブを調整することにより EGR クーラーに流れる排ガス流量を調整した。EGR クーラーの冷却は、水道水をマフラーにコイル状に巻いた銅のパイプで温め、さらに 1kw の電気ヒーターにより温度制御を行った。マフラーの出口、EGR クーラーの入口と出口、冷却水の入口と出口とオリフィス前の温度を熱電対で測定した。堆積物の質量は電子天秤を用いて試験前後の質量差から求めた。PM 構成成分の分析には MEXA-1370PM (HORIBA 製) を用いた。堆積量測定では、EGR クーラー内の冷却水路に水分が残らない状態にする必要があるため、水より沸点の低いアルコールで冷却水路の残留水分を置換し、低温乾燥機 FS-620 を用いて 110℃ で 1 時間の乾燥処理を行った。したがって、110℃ 以下で揮発する成分は測定結果に含まれない。実験条件は機関回転数 $N_e=1040\text{rpm}$ 、噴射タイミング $\theta_{inj}=22\text{deg.B.T.D.C.}$ 、EGR クーラー入口の排ガス温度 $T_{Ei}=230^\circ\text{C}$ である。

3. 実験結果及び考察

3-1 EGR クーラー出口の排ガス温度の堆積量及び PM 成分分析への影響

空気過剰率 $\lambda=1.8$ 、EGR クーラー入口の排ガス温度 $T_{Ei}=230^\circ\text{C}$ で EGR クーラー出口の排ガス温度 $T_{Eo}=160^\circ\text{C}$ と 200°C の場合の運転時間と EGR クーラー内部の PM 堆積量の関係を Fig.2 に示す。 $T_{Eo}=160^\circ\text{C}$ と 200°C での EGR クーラー内部の

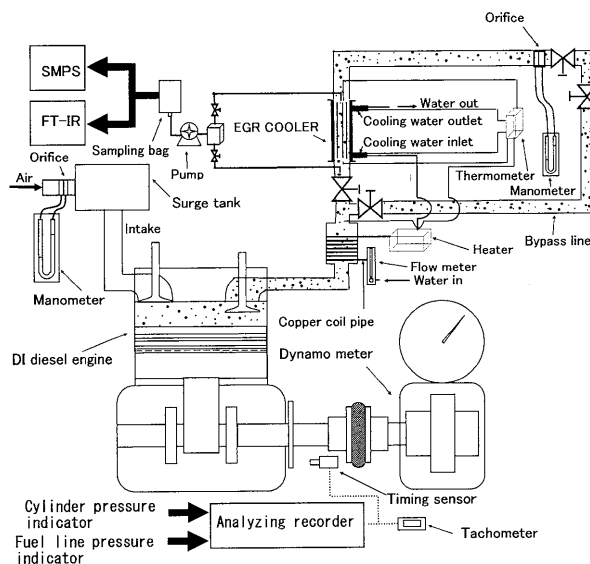


Fig.1 Experimental apparatus

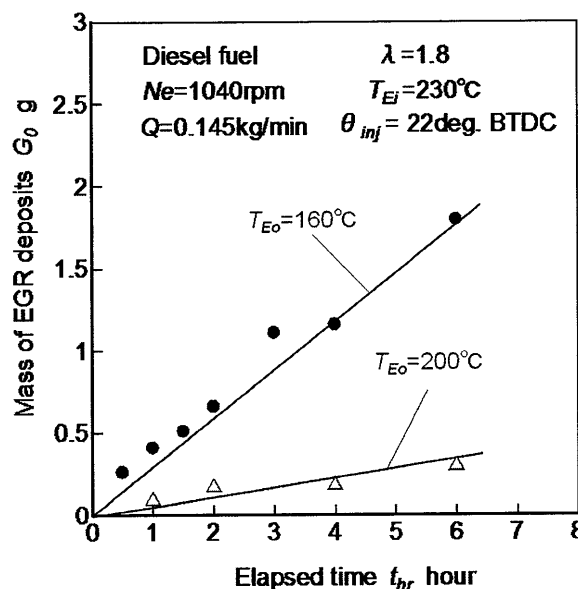


Fig.2 Relationship between deposits and elapsed time

PM 堆積量は運転時間とともに増加している。また、 $T_{Eo}=200^\circ\text{C}$ に比べ $T_{Eo}=160^\circ\text{C}$ の方が EGR クーラー内の PM 堆積量が多いことがわかる。これは EGR クーラー熱交換部の温度勾配の増加により熱泳動力が増加したためと考えられる。

$T_{Eo}=160^\circ\text{C}$ の場合の EGR クーラーの入口と出口の壁面に堆積する PM の成分分析結果を Fig.3 に、 $T_{Eo}=200^\circ\text{C}$ の場合を

Fig.4 に示す。 $T_{Eo}=160^{\circ}\text{C}$ 、 200°C ともに EGR クーラーの入口と出口壁面に堆積した PM の成分割合には変化がないことがわかる。

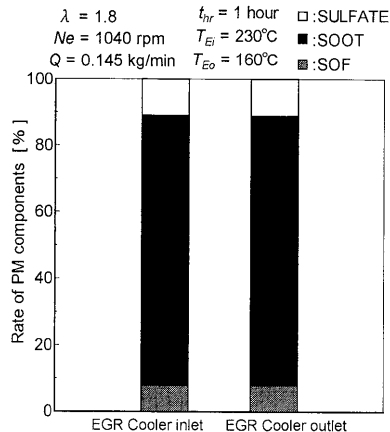


Fig.3 PM components of deposits ($T_{Eo}=160^{\circ}\text{C}$)

3-2 空気過剰率 λ の堆積量及び成分分析への影響

$T_{Ei}=230^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{Eo}=160^{\circ}\text{C}$ で空気過剰率 $\lambda=1.8$ と 2.1 の場合の運転時間と EGR クーラー内部の堆積量の関係を Fig.5 に示す。EGR クーラー内部の PM 堆積量は運転時間とともに増加し、 $\lambda=1.8$ に比べ $\lambda=2.1$ の方が PM 堆積量が少ないことがわかる。これは 空気過剰率 λ が高い場合、燃料の噴射期間が短縮され、噴射量が少なくなることから機関の運転条件に対応した着火の遅延が発生するために拡散燃焼の規模が小さくなっていくためと考えられる。拡散燃焼では、燃料蒸気が酸素不足の状態では高温に保たれ、熱分解による脱水素反応や重合が起こり、すすが生成されるわけであるから、拡散燃焼の規模が小さい空気過剰率 $\lambda=2.1$ のとき SOOT の生成が少ないと考えられる。SOF は、低負荷の場合では燃焼温度が低いことから生成される量は増加すると考えられる。また、SULFATE は主に燃料中の硫黄分に起因するため、空気過剰率 λ の増加によって燃料噴射量が少なくなり、排出量が減ると考えられる。このように空気過剰率 λ の増加によってエンジン排ガス中に含まれる PM 中の SOOT, SULFATE の生成量が減少し、SOF の生成量が増加することになる。

EGR クーラーの出口壁面に堆積する PM 成分分析結果を Fig.6 に示す。空気過剰率 $\lambda=1.8$ に比べ 2.1 の方が SOOT の割合が減少して SULFATE と SOF の割合が増加していることがわかる。これは前に述べたことと測定した PM 成分割合の結果は対応がとれていることを示している。

4. 結言

1. 空気過剰率 $\lambda=1.8$ 、 $T_{Ei}=230^{\circ}\text{C}$ の条件では、 $T_{Eo}=200^{\circ}\text{C}$ に比べ $T_{Eo}=160^{\circ}\text{C}$ の場合 EGR クーラー内の PM 堆積量が増加した。
2. EGR クーラー出口の排ガス温度が変化しても EGR クーラー出口壁面に堆積する PM 成分の割合に変化はなかった。
3. EGR クーラーの入口と出口壁面に堆積する PM 成分の割合はほぼ同一であった。
4. $T_{Ei}=230^{\circ}\text{C}$ 、 $T_{Eo}=160^{\circ}\text{C}$ の条件で空気過剰率 $\lambda=1.8$ に比べ 2.1 の場合 PM 生成量が少なかったため EGR クーラー内の PM 堆積量が減少した。

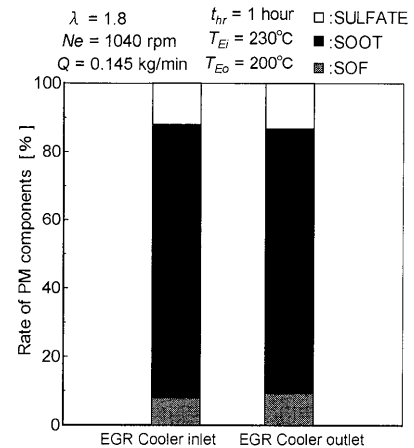


Fig.4 PM components of deposits ($T_{Eo}=200^{\circ}\text{C}$)

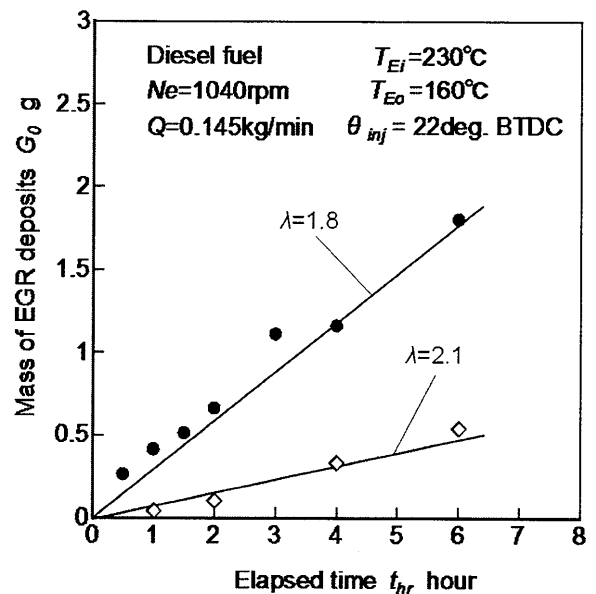


Fig.5 Relationship between deposits and elapsed time

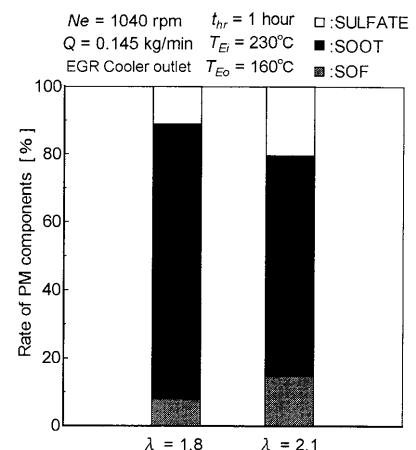


Fig.6 Effect of excess air ratio on PM component