



| | |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Title | ディーゼル機関の燃焼室壁面におけるデポジットの生成特性 |
| Author(s) | 宮本, 登; Miyamoto, Noburu; 小川, 英之 他 |
| Citation | 北海道大學工学部研究報告, 151, 11-17 |
| Issue Date | 1990-07-30 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/42235 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 151_11-18.pdf |



ディーゼル機関の燃焼室壁面における デポジットの生成特性

宮本 登 小川 英之 大井 康広*

(平成 2 年 3 月 27 日受理)

Characteristics of Carbon Deposit Formation on Combustion Chamber Wall in a Diesel Engine

Noboru MIYAMOTO, Hieyuki OGAWA, Yasuhiro OHI

(Received March 27, 1990)

Abstract

This paper is concerned with the deposit formation on the combustion chamber wall in a small diesel engine.

The effect of the wall surface temperature and the fuel properties on the characteristics of the deposit formation were quantitatively analyzed. In the experiments, a cylindrical plug which can control the surface temperature was installed in the swirl chamber, and the deposition weight was measured for each operating time.

The results showed that the time rate of deposition, which is independent for the surface temperature, is constant until the growth of deposit stops.

However, the maximum deposit weight, i.e. the weight of the deposit when its growth stops depends on the surface temperature.

The time rate of deposition and the maximum deposit weight increased with increasing of volatile temperature and viscosity of the fuel.

1. ま え が き

近年、大形ディーゼル機関はもとより、小形ディーゼル機関においても重質油の利用に対する気運が強い。小形ディーゼル機関において重質油を用いた場合の大きな問題として、機関出力性能あるいは排気組成といった燃焼特性の低下とは別に、燃焼室壁面におけるカーボンデポジットの生成およびノズルチップ先端におけるカーボンフラワの生成が挙げられよう。こうしたデポジットの問題に関しては、これまでにいくつかの報告があり¹⁾⁻³⁾、たとえば、MurayamaらはB-重油および食物油をディーゼル機関に使用した場合にはノズルチップにおけるカーボンフラワの生成あるいはピストンリングの固着等により長時間の運転が困難であるとしている³⁾。しかし、これらの報告では大部分がその障害を指摘するという定性的な解析にとどまっており、その現象を

定量的に解析した例としては、長尾らが予室式機関においてA-重油を燃料とした場合のカーボンデポジットジットの温度依存性を測定したのみであって⁴⁾、生成のメカニズムはもとより、その特性についてまだ不明な点が多いのが現状である。

本研究では、ディーゼル機関の燃焼室壁面に形成されるデポジットの生成特性に対する燃料性状あるいは壁面温度の影響を定量的に解析すると同時に、デポジットの生成機構について解明を試みた。

以下、本研究で得られた結果について詳述する。

2. 実験装置, および方法

実験に使用した機関は、横形、水冷、単気筒の4サイクル渦室式ディーゼル機関であり、その主要諸元は行程容積 796 cm³, ボア×ストローク ϕ 96×110 mm, 最大出力 10.3 kW/2200 rpm, 圧縮比 17.5 である。図1は供試機関燃焼室の断面を示すものである。

実験に際しては、図1に示すように渦室内の燃料噴霧が直接衝突する位置に、図2にその構造を示す表面温度の測定と制御が可能な棒状のプラグを挿入することにより壁面を模擬し、その表面に付着するデポジットの付着量を測定した。プラグ表面温度の制御は高温の場合には図2(a)に示す市販のグロープラグを用いてその供給電力を変化させることにより、低温の場合には(b)に示すように内部に導入する冷媒の種類および流量を調節することにより行った。各プラグの表面温度は、図2に示すA点にシーズ型K-熱電対を溶着することにより測定した。機関の運転は、すべて空気過剰率 3.0, 機関回転速度 1200 rpm, 燃料噴射時期 10°CA BTDC の条件で行った。

供試燃料としては、セタン価および粘度の異なる三種類の軽油, A重油, B重油, および灯油のほか、単組成物質である n-デカンを用いた。これらの性状は、表1に示す通りである。

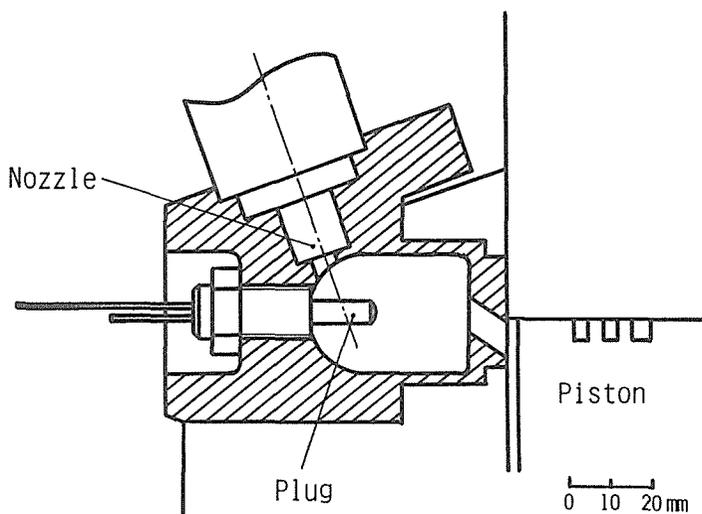


図1 供試燃焼室断面図

3. 実験結果, および考察

3.1 壁面温度がデポジットの付着に及ぼす影響

図3は、市販の軽油に最も性状に近い軽油(1)を燃料とし、プラグ表面温度を変えた場合に

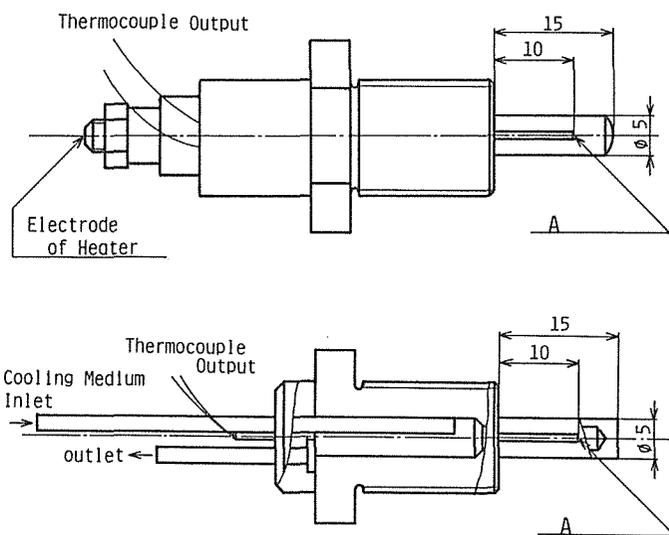


図2 デポジット測定用プラグの構造

表1 供試燃料の性状

| | 軽油 (1) | 軽油 (2) | 軽油 (3) | A重油 | B重油 | 灯油 | n-デカン |
|--------------|--------|--------|----------|----------|----------|-------|-------|
| 比重 (15℃) | 0.837 | 0.862 | 0.881 | 0.839 | 0.934 | 0.789 | 0.730 |
| 動粘度 cst(30℃) | 3.21 | 3.57 | 12.31 | 3.71 | 42.86 | 1.21 | 1.44 |
| セタン価 | 55.7 | 43.7 | 51.4 | 45 | 35 | 44 | 79 |
| 沸点 ℃ | — | — | — | — | — | — | 174.0 |
| 90%蒸留温度 ℃ | 318.5 | 292.5 | 376.0 | 358.0 | 638.0* | 219.5 | — |
| 低発熱量 MJ/kg | 43.5 | 43.5 | 45.2 | 45.2 | 43.2 | 43.6 | 47.7 |
| C Wt% | 85.8 | 86.3 | 86.6 | 84.8 | 86.3 | 86.4 | 84.5 |
| H Wt% | 13.8 | 13.2 | 13.0 | 13.7 | 11.7 | 12.5 | 15.5 |
| O(S) Wt% | 0.0 | 0.0 | 0.0(0.4) | 0.0(0.4) | 0.0(1.6) | 1.02 | 0.0 |

* : B重油の90%蒸留温度は、530℃以上を測定できなかったため、蒸留曲線より推定した。

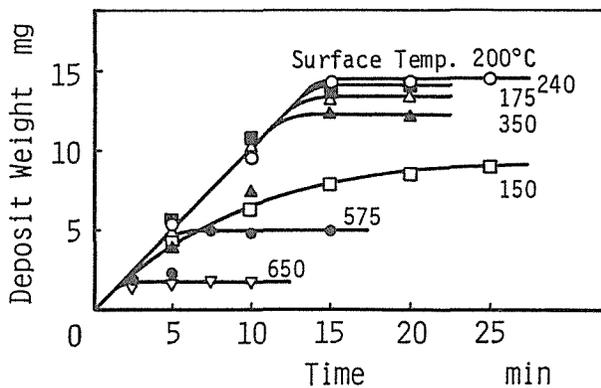


図3 壁面温度を変えた際のデポジット付着量の時間推移(軽油(1))

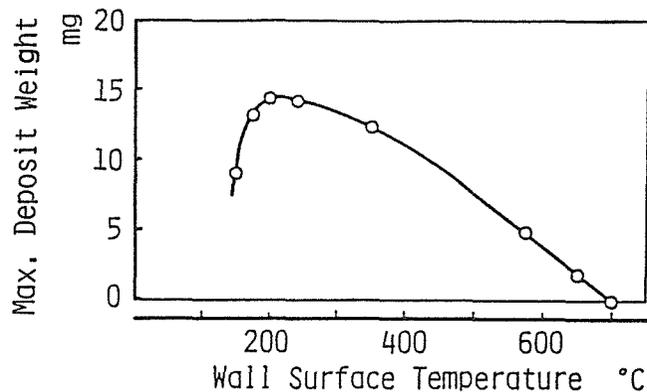


図4 壁面温度に対する付着停止時の付着量(軽油(1))

おけるデポジット付着量の時間推移を示した結果である。図3において、プラグ表面温度が175℃以上650℃以下ではデポジットの付着量は、付着前の初期の状態からおおむね一定の速度で直線的に増加しており、その速度は壁面温度によらずほぼ同一になっている。そして、付着量がある値に達すると生成は進行しなくなっており、このデポジットの付着量増加が停止する時点での付着量、すなわち最大付着量は図4に示すように、プラグ表面温度が200℃において最大値を示し、温度の上昇とともに減少して、700℃以上の高温領域では付着がまったく生じないのが明かである。一方、150℃まで表面温度を低下させた場合には、デポジットの最大付着量が減少すると同時に、その付着速度は時間の経過とともに低下しているという点で他の温度領域とは異なった付着特性を示す。

なお、以上の結果はA重油を用いた長尾らの実験結果とも比較的良好に一致している⁴⁾。

3.2 燃料性状がデポジットの付着に及ぼす影響

燃料性状とデポジットの付着特性との関係について検討するため、表1に示す7種類の燃料を用いて実験を行った。

図5は、プラグ表面温度を200℃とした場合におけるデポジット付着量の時間推移を各種燃料について示したものである。図5において、運転条件が同一であっても燃料の種類が異なると付着特性は大きく異なっており、高粘度・高蒸留温度の燃料ほど最大付着量、および付着速度が大きくなっている。

そこで、粘度および蒸留温度と付着特性との関係をより明確に表すため、図5の結果を粘度および90%蒸留温度(n-デカンの場合は沸点)に対して整理した結果を図6に示す。図から、粘度、あるいは蒸留温度が高くなるにしたがって、デポジットの最大付着量、および付着速度が単調に増加していることが明らかである。

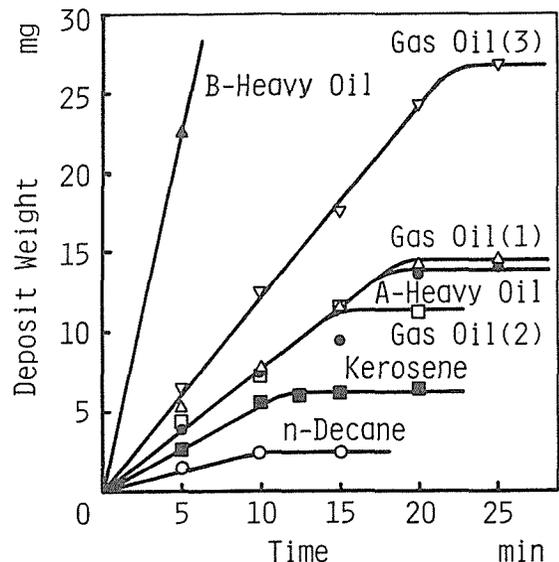


図5 各種燃料におけるデポジットの付着量の時間推移 (プラグ表面温度: 200℃)

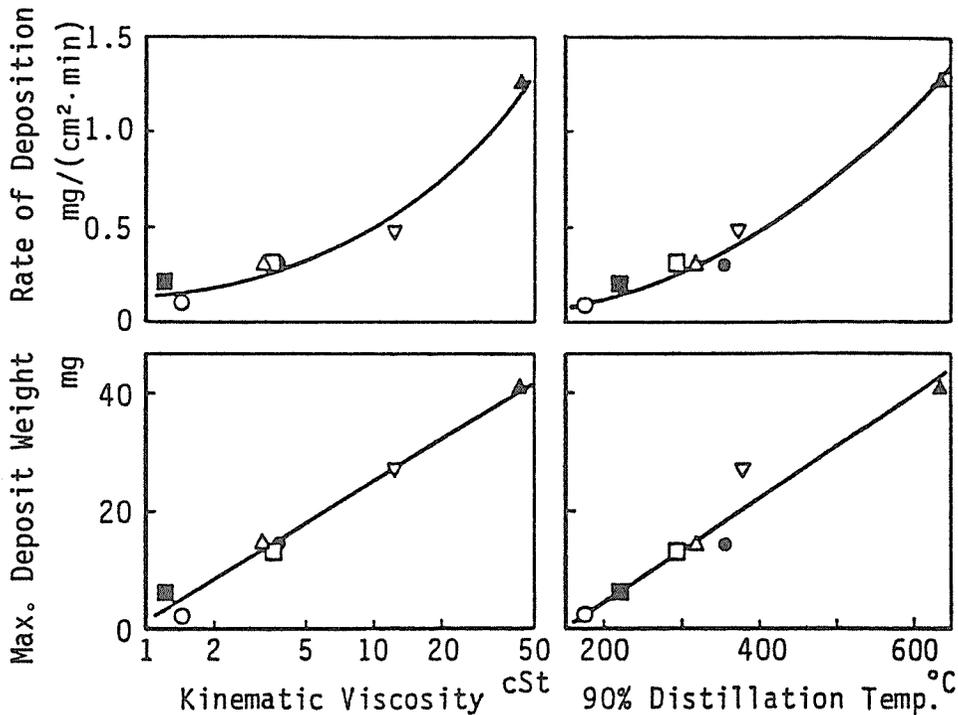


図6 燃料性状に対するデポジットの最大付着量および付着速度
(プラグ表面温度200℃)

3.3 カーボンデポジット付着の機構

前節までの結果から、図7に示すようなカーボンデポジットの生成過程が概略的に考えられる。

すなわち、噴射された燃料は即座にプラグに衝突し、デPOSIT表面温度 T_d が燃料の膜沸騰温度 T_b より低い場合には燃料液相が壁面を覆う。そして着火後、プラグ上流火炎において生成されたスートがその濡れた壁面に衝突して付着すると同時に、次サイクルまで液相分が蒸発しつつ、一部が炭化したカーボンとして固着していく。その際に重質油の場合には粘度が高いために上流火炎で発生したカーボンの付着が多くなること、プラグ上に付着した燃料液相が蒸発するよりも先に炭化する可能性が高くなること、および残留炭素を析出することの3点から軽質油よりも付着量が大きくなるものと考えられる。

一方、燃焼室内ガス温度はプラグ表面温度 T_s よりも高いので付着の進行とともに、デPOSITの表面温度 T_d は T_s よりも高くなっていき、ついには燃料の膜沸騰温度を越えて表面が乾燥した状態になり付着は停止する⁴⁾。この時点での付着量が図4に示す最大付着量であり、図6に見られるように燃料の蒸留温度に強く依存する。また、デPOSIT表面温度がカーボンの着火温度 T_c を越える場合には、デPOSITの燃焼が起これ、見掛上の付着速度が減少するか、あるいは付着が停止する。

プラグ表面温度 T_s が著しく低い場合には、液相分が絶えず表面を覆うため、壁面へのカーボンの固着が促進されない上に壁面液相に対する気流による吹き飛び、あるいは噴霧による洗浄効果により付着速度は低下するものと思われる。この際、重質油では粘度が高いため、これらの効果が小さくなり、軽質油に比べて低温でも付着速度は比較的大きくなることが推察される。

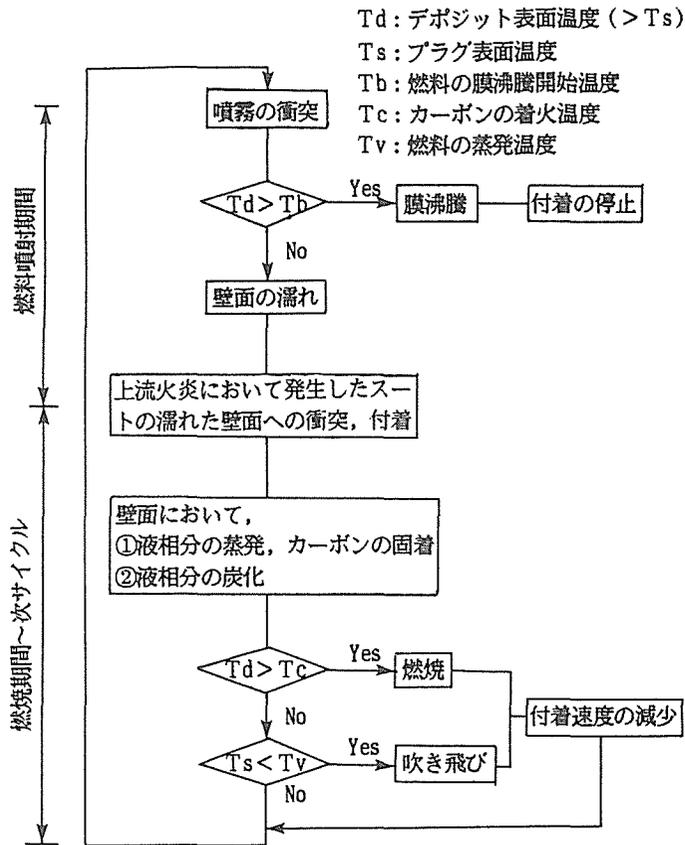


図7 デポジットの生成機構

4. 結 論

本研究で得られた結果を要約するとおよそ以下の通りである。

1. 通常の軽油を燃料とした場合、ディーゼル機関の燃焼室壁面におけるデポジット付着量は、壁面温度が 175°C ~ 650°C の範囲では壁面温度に無関係に時間に対してほぼ一定の速度で増加した後、ある量に達するとその付着量の増加が停止する。この付着の停止は、デポジットの生長にともなってその表面温度が上昇して燃料の膜沸騰を引き起こすこと、あるいはデポジット表面の酸化が促進されることによるものと考えられる。
2. 付着停止時の付着量は、壁面温度に大きく依存し、 200°C において最大となり、壁面温度の上昇とともに低下して、 700°C 以上の高温領域ではデポジットの付着がまったく生じない。
3. 壁面温度が 200°C 以下のごく低い場合には、付着速度は時間とともに減少し、最大付着量も小さくなる。これは、液相が壁面を覆ってデポジットの固着を妨げるためと考えられる。
4. 燃料の粘度あるいは90%蒸留温度が高いほど付着停止時の付着量および付着速度は増加する。
5. ディーゼル機関の燃焼室壁面におけるデポジット生成に対しては、燃料噴霧により濡れた壁面に火炎中で発生したスートが付着するのが主要原因であると思われるが、重質油の場合にはこれに加えて、液相の炭化および残留炭素の析出も要因となっているものと考えられる。

本研究は、平成元年度文部省科研費奨励研究（A）の一環として行ったものである。

なお、デポジット測定用プラグの試作に当たっては、日本特殊陶業㈱のご支援を頂いた。また、本実験の遂行に際しては、当時本学部生川原宏明君（現在日野自動車㈱）の協力を得た。ここに記して謝意を表す。

文 献

- 1) Adams, C., ほか 4 名, JAOCA, 60-8, (1983), 1574.
- 2) Ziejewski, M., SAE Paper 831359 (1983).
- 3) Murayama, T., ほか 5 名, SAE Paper 941161 (1984).
- 4) 長尾・ほか 2 名, 機論, 31-230, (昭 40-10), 1574.