

液体燃料吸入法によるディーゼル機関の燃焼の研究

杉本 進*, 川口 泰弘**, 下山 鑛一**

Research on the Compression Ignition Engine Using the Liquid Fuel Fumigation Method

Susumu SUGIMOTO*, Yasuhiro KAWAGUCHI**, and Koichi SHIMOYAMA**

(Received March 31, 1981)

It is generally accepted that engine roughness and combustion noise are due to the high rate of cylinder pressure rise caused by the rapid combustion of fuel which enters the combustion chamber during the ignition delay period.

We carried out the tests to introduce part of the fuel with intake air in the form of spray. The purpose of this research is to compare the cylinder pressure and luminosity diagrams with the case of normal injection, and to observe how the characteristics of combustion are changed by slow oxidation of aspirated fuel.

1. まえがき

一般に、ディーゼル機関の振動と騒音は、燃焼初期における急激な圧力上昇によるとされている。これを防ぐには、爆発的燃焼に与かる混合気の量を少なくすればよいわけで、着火遅れを短縮させることが最も重要である。吸気行程で燃料の一部を供給することによって燃焼をなめらかにしようとする試みは、古くから行われてきた¹⁻³⁾。しかし、近年の石油事情から、多種燃料機関を実現させる手段として、新たな見地から注目されている。W.T. Lyn は吸気と共に副燃料を供給した場合について、指圧線図や燃焼光の強さを測定し、副燃料による燃焼の改善について述べている。しかし、着火遅れ期間中や着火前後の微妙な反応は、指圧線図や燃焼光の強さなどからでは解析が困難である。

本研究では、副燃料供給による圧力変化や、諸性能への効果を確認めるとともに、燃焼光を波長の異なる成分

に分けて測定し、圧縮行程における緩慢酸化から着火までの反応の時間的経過を観察し、反応の進行や燃焼パターンの判定を試みた。

2. 実験装置および実験方法

供試機関は四サイクル予燃焼室式ディーゼル機関で、その主要諸元は次のとおりである。

形式 水冷たて形単シリンダ
シリンダ直径×行程 110mm×150mm
出力/回転数 8PS/900rpm
圧縮比 17.8
燃料噴射弁 ポッシュ式ピントルノズル
噴射弁開口圧 140kg/cm²
噴射開始時期 20°BTDC
冷却水温 60°C
使用燃料
軽油
比重 0.823
セタン価 55
n ヘプタン
比重 0.686

*工学研究科機械工学専攻
(Department of Mechanical Engineering)

**機械・生産機械工学科
(Department of Mechanical Engineering)

セタン価 60

副燃料の供給には噴霧化器の原理を利用した。しかし、吸入負圧だけでは霧化が十分に行われないので、コンプレッサーで空気を送り、燃料の液面のレベルを一定に保ちながら、常時吸気管内に噴霧させた。供給量の調整は空気流量調整弁で行った。図1はその概略図である。

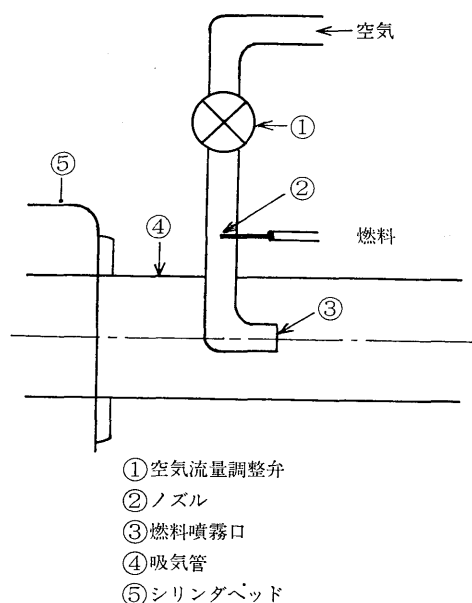


図1 副燃料供給装置

圧力変化は、ストレンゲージ式インジケータを予・主両燃焼室壁に、図2に示した位置にとりつけ、増幅器をとおして、オシログラムに記録した。

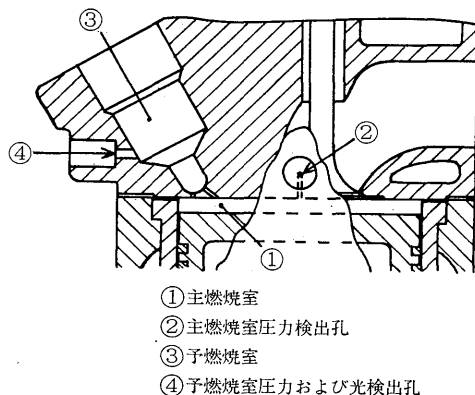


図2 燃焼室の構造

燃焼光の測定は、エンジンの構造上、予燃焼室の圧力測定孔を利用して行った。測定部は内径4mmの通路にな

っており、予燃焼室に面する端の所で厚さ6mmのパイレックス・ガラスで密閉されている。ここから入る光を測定部にそう入されているファイバ・スコープで導き出し、暗箱に収められている青と赤のガラス・フィルタを通過させる。波長が350~500nmの青色光と580~650nmの赤色光に分類された光は、ヘッドオン形光電子増倍管をとおり、電気信号に変換された後、増幅され、オシログラムに記録される。また、圧力変化との関連をみるために、主燃焼室内の指圧線図も同時に記録した。

3. 実験結果

3-1. 副燃料供給の影響

一連の実験は、機関回転数700rpmにおいて1サイクルあたりの副燃料を含めた全供給燃料を60mg（空気過剰率1.8）に保ち、全供給燃料に対する副燃料の重量割合を変化させて行った。

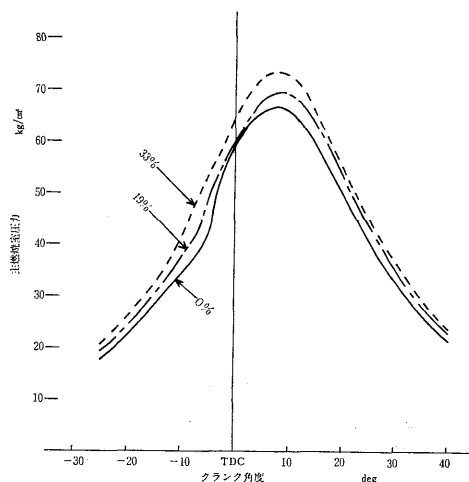
図3 副燃料供給による指圧線図への影響
(主燃料, 副燃料: 軽油)

図3は副燃料割合が0%, 19%, 33%の場合の指圧線図をまとめたものである。主噴射燃料だけで運転した場合には6°BTDC付近に急激な立ちあがりが見られるが、副燃料を供給することによってなめらかになっている。副燃料が33%の時には上死点のかなり前から圧力が上昇しており、主燃料の燃焼開始時期を見分けることができないくらいになめらかになっている。

図4は最大圧力と最大圧力上昇率および燃料消費率、スモーク濃度への影響をまとめたものである。副燃料の供給割合を多くするほど圧力上昇率は低下し、最大圧力は上昇していくことがわかる。スモーク濃度は副燃料供給割合の増加とともに減少している。燃料消費率については副燃料量の増加とともに減少していき、25%付近で

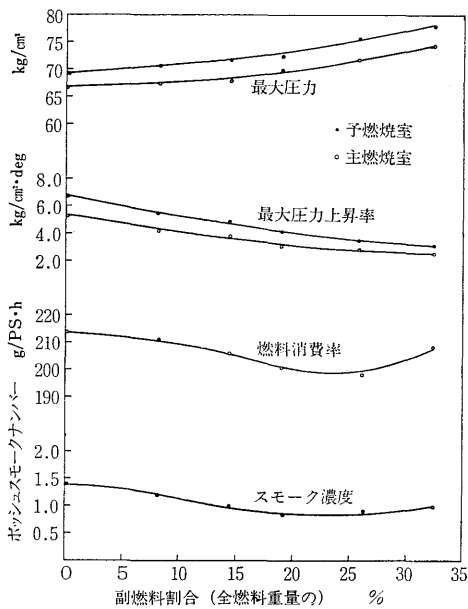


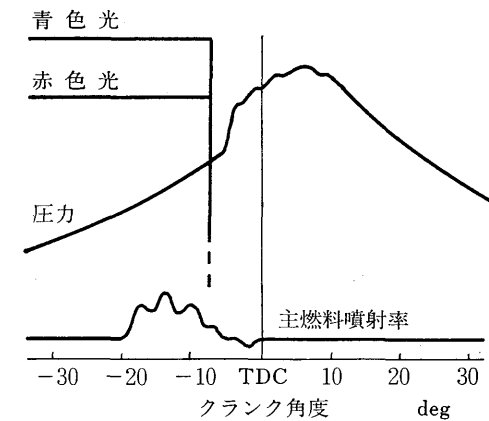
図4 副燃料供給の効果
(主燃料: 軽油)

最低値を示した後、再び増加する傾向を示している。このように燃料消費率が減少するのは、空気利用率がよくなるのがその原因であると考えられる。副燃料量が多すぎる場合に再び燃料消費率が上昇する点については、(1) 気化しきれなかった副燃料がシリンダ壁に付着し、クランクケースへ流出する。(2) 副燃料の緩慢酸化に伴う圧力上昇が過早なために負の仕事をする。(3) 副燃料が燃焼しきらずに排出される。といった理由が考えられる。

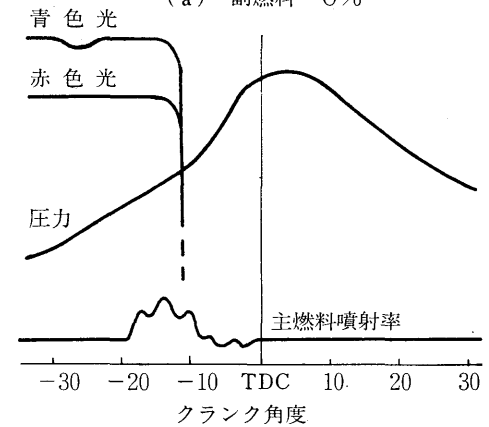
3-2. 燃焼光の測定による推測

燃焼光の測定には発光現象が顕著に表われる n -ヘプタンを副燃料として実験を行った。その結果を図5に示す。

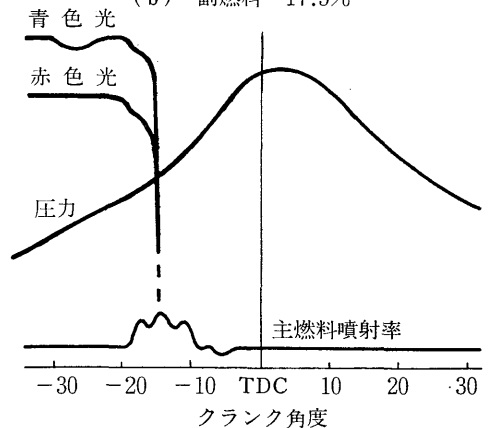
主噴射だけで運転した場合、青色と赤色の強い発光が同時に 8° BTDC 付近でみられる。しかし、噴射開始時期の 20° BTDC からこの 8° BTDC までの着火遅れ期間中に発光はみられない。副燃料を 17.5% 供給した場合には主燃料が噴射される以前の 28° BTDC に弱い青色の発光がみられ、 12° BTDC で青色と赤色の強い光が同時にみられる。 28° BTDC における青色の発光とともに指圧線図にもわずかなふくらみがみられる。副燃料が 33.3% の発光線図をみると同様の青色光がみられる。また、主噴射開始よりも早い時期から赤色の発光もみられ、主燃料の着火遅れがほとんどない状態で燃焼が続いている。このときの指圧線図は極めてなめらかである。燃料の成分ならびにホルムアルデヒドのふく射線帯 ($360\sim 450\text{nm}$)



(a) 副燃料 0%



(b) 副燃料 17.5%



(c) 副燃料 33.3%

図5 副燃料供給による発光パターンの変化
(主燃料: 軽油 副燃料: n -ヘプタン)

が青色光の領域内にあることから、 28° BTDC 付近の青色光は、副燃料が圧縮行程中に緩慢酸化し、有機過酸化物、ホルムアルデヒドを生じ、これが中間生成物として連鎖反応を起こし、CO が生ずるときに発生する青炎であ

ると考えられる。そのあとの青色と赤色の強い発光は、青炎で発生した CO と残りの酸素との反応による熱炎であると考えられる。

4. あとがき

予燃焼室式ディーゼル機関において、副燃料を吸気管から導入する方式を採用することによって、機関性能および燃焼特性を改善することを試みた。また、着火遅れ期間中の発光をも含めた燃焼光の測定を行い、燃焼機構を解明することを試みた。その結果、以下のことが明らかになった。

(1) 適量の副燃料を供給することによって、燃料消費率、排気吐煙および最大圧力上昇率などが低減し、静粛運転が可能となる。

(2) 上記の改善は、副燃料の前炎反応などでの化学的

作用によってもたらされることが推測されるが、これについては、熱発生率の解析とガス分析を行って、さらに詳しくしらべる予定である。

5. 謝 辞

本研究を進めるにあたって、本学の特別研究費の援助を受けたことに感謝致します。さらに、実験遂行にあたって、ご協力いただきました西尾幸則技術員、ならびに55年度本学機械工学科卒業研究学生諸君に、厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) W.T. Lyn, Proc. Inst. Mech. Eng., 168 (9), 265 (1954)
- 2) L.D. Derry, et al, Proc. Inst. Mech. Eng., 168 (9), 280 (1954)
- 3) P.H. Schweitzer, et al, SAE Trans, 66, 574 (1958)