

ガソリン機関におけるエンジンモディ フィケーション (第1報)

— 吸気管内絞りの影響 —

石谷 博 美*
常本 秀 幸*

(昭和51年4月28日受理)

Engine Modification at the Gasoline Engine (Part 1)

— Effect of the Orifice in the Manifold —

by Hiromi ISHITANI and Hideyuki TSUNEMOTO

A study of the exhaust emission control of a gasoline engine is continued at our laboratory.

In this report, it is aimed to increase the atomization effect by separating the liquid fuel which influences to combustion within the cylinder from the inside wall of manifold with three kind of orifices inserted into the inlet manifold.

As a result, the inserted position of orifice is more important than the diameter on the hydrocarbon content of exhaust gas, fuel economy and deviation of combustion peak pressure, and the orifice position is optimum at the middle of the inlet manifold in this engine.

1. ま え が き

米国におけるマスキー法の制定とともに、自動車の排気ガス対策は急速に進歩し、日本においては米国より一足先にマスキー法相当の規制が実施されている。

しかし、現時点における対処の仕方は、燃費とか運転性又はコストを犠牲にしているものが多く永久的なものではないと言われている。

将来性のあるものとしてはやはり、燃焼の改善を主体にしたものでなくてはならず、この方面に対する研究が現在進みつつある。

現在注目されているのは CVCC 等で代表される希薄燃焼方式^{1),2)}である。シリンダー内で希薄燃焼を可能にするには種々の要因があるが、今回はこのうち大きな要素となっている燃料の微粒化との関係について研究を行った。

実際のエンジンでの微粒化は次のような順序で行われる。

* 北見工業大学機械工学科 (機械学会北海道支部第19回講演会発表)

- (1) キャブレターでの霧吹き効果
- (2) マニホールド内での流速および加熱
- (3) シリンダー内でのスワールおよび壁面加熱

このうち今回は(2)のマニホールド内での微粒化促進を取りあげた。これは、エンジンに供給した燃料の数10%³⁾がマニホールド内壁に付着していると言う事から、この壁面流を除去する事が、微粒化の一番大きなポイントになると考えたからである。

このマニホールド内での微粒化には流速を高めるとか、加熱する等が一般的であるが、今回は内部に絞りを入れ壁面液流のはく離と、絞りによる流速増大の両方の効果を考えた。

このような微粒化の評価には壁面流量を測定する方法もあるが、微粒化されてもエンジン諸性能に影響するオーダーでなければならず、評価は燃費率、排気ガス、燃焼変動と言う面から考察してみた。

2. 実験装置および方法

供試機関は単筒、水冷機型の火花点火機関で、市販品を実験用に改造したものであり、その主要諸元は表1に示すとおりである。

表1 エンジン諸元

Table 1. Engine Specification

Type	MITSUBISHI KATSURA H5CH 4Cycle
Bore	72 mm
Stroke	65 mm
Swept Volume	265 cc
Output	5 Ps/3200 rpm
Comp. Ratio	6.25
Valve Mech.	O.H.V.
Carburetor	Ammal Type

実験装置図および本実験で用いた絞りを図1、図2に示す。この絞りはエンジンとキャブレターの間にはアクリルパイプ(長さ $L=80$ mm)を取りつけ、その中に入れたものである。

供試燃料は一般に市販されている自動車用レギュラーガソリン(比重 15°C 0.75)を使用した。

機関運転条件は冷却水温度 100°C (蒸発冷却)、回転数 2000 rpm、点火時期 30° に保ち各種試験を行なった。

動力の測定は直流電気動力計を用いて行なった。また CO 濃度測定は CO 計(ディーゼル機器製 NP-EFAW 109 B)を用いて行ない、HC 濃度は FID 方式(島津製作所製 HCM-1A)を用い、さらに NO 濃度は NO 計(堀場製作所製 ENOA-300)により測定した。なお HC 計、および NO 計に排気ガスを送る前にコールドトラップにより水分を除去し乾燥ガスとして排気ガスの成分割合を測定した。

- | | |
|------------------|-----------------------|
| 1 Engine | 10 Amp. |
| 2 Pressure P.U. | 11 Ocilloscope |
| 3 Magnetic P.U. | 12 HC Meter |
| 4 Restrictor | 13 NO Meter |
| 5 Carburetor | 14 CO Meter |
| 6 Orifice | 15 Exhaust pipe |
| 7 Manometer | 16 Dynamometer |
| 8 Surge Tank | 17 Engine speed meter |
| 9 Fuel Flowmeter | |

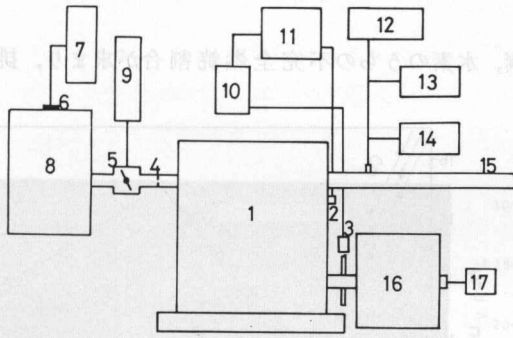


図1 装置略図

Fig. 1. Schematic diagram of the apparatus.

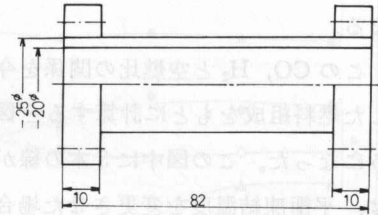
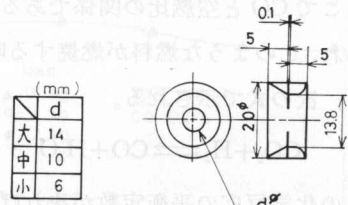


図2 オリフィス形状

Fig. 2. Shape of the orifice.

CO濃度の調節はキャブレター(ベンチュリー径16 mm, 口径22 mm)の燃料調整弁により調節した。シリンダー内燃焼状態はシリンダー内ガス圧力をシリンダーヘッドに取りつけた圧力ピックアップ(共和電業製 PE-100 KF)により取り出しオシロスコープ(松下通信工業製 VP-526 A)により写真撮影し観察した。

また図3は、吸気マニホールドの略図でキャブレター側の位置に絞りを取りつけた時の絞りの小さい順にABCとし、キャブレターとエンジンの中間位置に取りつけた絞りを順にDEFとし、エンジン側に取りつけた絞りを順にGHIとする。なおSは絞りを入れない標準状態とする。

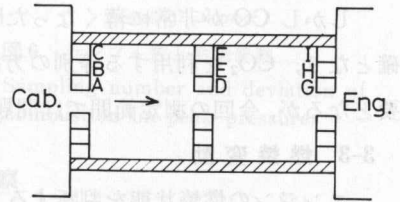


図3 絞り径と位置

Fig. 3. Orifice diameter and position.

3. 評価方法

3-1 燃費率

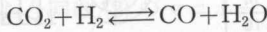
定負荷法によりCO濃度に対する燃費率(g/PS.h)の変化をマニホールド内絞り径、位置に対してプロットした。効果の評価は最少燃費率ですべきであるが測定誤差等から全体的傾向で判断した。

3-2 排気ガス

測定ガスの成分はCO, NO, HCである。COは空燃比を推定するのに必要であり, HC, NOは燃焼状態を知る上で有効となる。

特にHCは不完全燃焼の産物であるから, この大小は燃焼の良否を判断する上で重要な要素となる。

ここでCOと空燃比の関係であるが、ガソリン燃料の組成は炭素と水素から出来ていると考えられ、このような燃料が燃焼する時の排気ガス組成は水性ガス反応式により決ると言われており、次の式で示される。



この化学反応の平衡定数が決れば、炭素、水素のうちの不完全燃焼割合が求まり、排気ガス中のH₂の割合とか、CO割合が計算で求まる。

このCO、H₂と空燃比の関係を今回使用した燃料組成をもとに計算すると図4のようになった。この図中に3本の線があるのは、平衡凍結温度を変更させた場合で、通常エンジンでは平衡凍結温度は1700°K位とされているが、1500~2000°Kに変化させてもCOと空燃比の関係は大きな変化はなく、燃焼条件が変化したとしても図4から空燃比を推定する事ができる。

しかしCOが非常に薄くなった時不正確となり、CO₂を利用する等別の方法が必要となるが、今回の測定範囲では問題ない。

3-3 燃焼変動

エンジンの燃焼状態を判断する方法として燃焼変動による方法がある。ガソリンエンジンにおける燃焼変動の要素を大きく分類すると、

- (1) 点火系の変動
- (2) 混合気形成の変動
- (3) 火炎伝ば速度の変動

等が原因と考えられ⁴⁾、このうち(2)が一番大きい要素とされている。この事から今回の燃料微粒化の効果の判断として燃焼変動を知る事は有意義な事である。しかし、この燃焼変動の大きさを比較する方法も色々あり、今回行った燃焼最高圧を使う方法は最良ではないが、ある程度の判断は可能と言う事から、この方法を利用した。ある条件における燃焼変動状態を図5に示してあるが、変動率を求めるにはある程度以上のサンプリング数が必要であり、今回は図6のような実験結果より、60サイクル程度で変動率を求めた。なお変動率は次の式より計算した。

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{\bar{P}} \quad \varepsilon: \text{変動率} \quad \sigma: \text{標準偏差} \quad \bar{P}: \text{平均圧力}$$

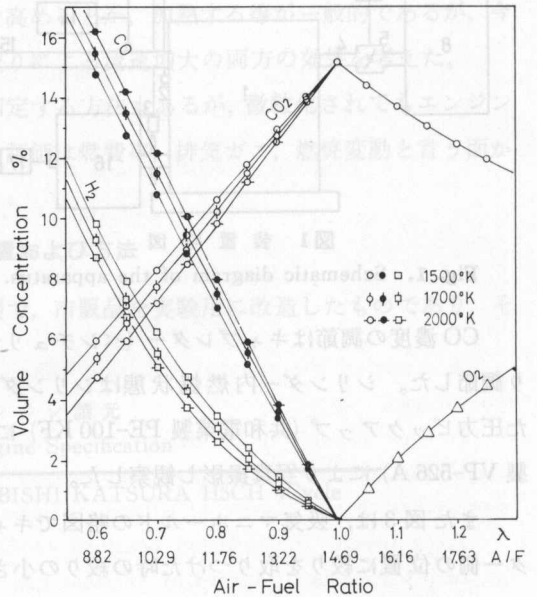
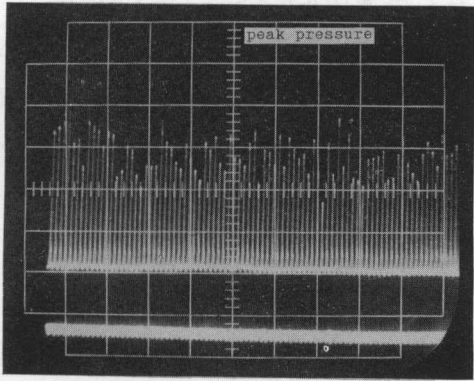


図4 空燃比 (A/F) と燃焼ガス体積割合

Fig. 4. Air-Fuel ratio and volume percent of combustion gas.



回転数 2000 rpm CO 0.6%
 点火時期 -30 °CA 負荷 6 Kg

図5 燃焼最高圧変動

Fig. 5. Deviation of combustion peak pressure.

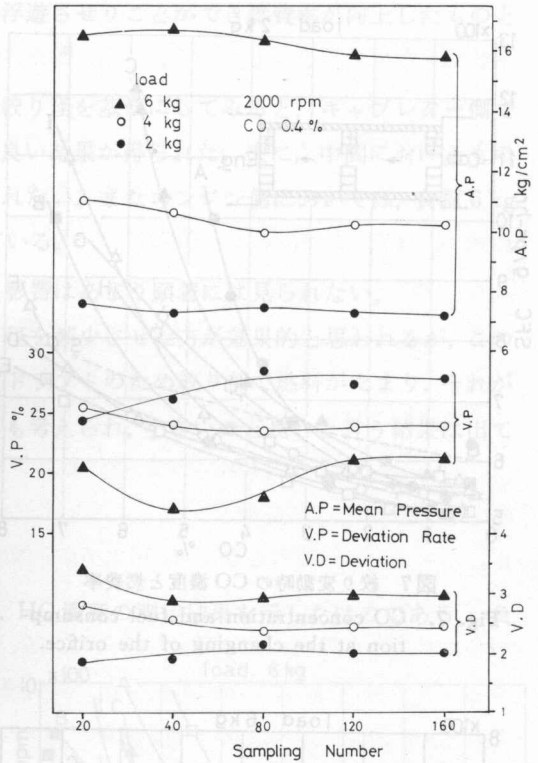


図6 サンプル数と燃焼変動

Fig. 6. Sampling number and deviation of combustion on peak pressure.

4. 実験結果および考察

一般にキャブレター付き機関の燃焼状態や排気特性を改善するためには、混合気の一様性を高め、定常運転はもちろん過渡運転時においても常に適正な混合気を送る必要がある。

キャブレターからの燃料の微粒化は、ベンチュリーの絞り部における負圧、高速空気流によるもので、噴出した燃料の一部は液滴として浮遊し蒸発しながら弁を通りシリンダーに吸入される。しかし管内気流速は大幅に変化するのみならず逆流もする。このため燃料の噴霧粒径も変わり大きい液滴は管壁流となり弁からそのまま送り込まれる。この壁面流として流入した燃料は、シリンダー内での混合が不均一となり燃焼変動の原因および燃費率にも影響する。またクエンチゾーンであるシリンダー壁への付着量が多くなりHC増加の要因となる。

4-1 燃費特性

(1) 絞り位置による影響 図7, 図8は絞り位置に対する燃費率の変化である。COの薄い2~3%以下の状態では、常に標準状態のときより燃費率は良好な値を示しており、絞り位置による変化もあまり見られない。COの濃いところで比較してみると、絞り6mmの場合、負荷2kgの時はD.G.A.の順に良い値を示している。負荷6kgの時は、絞りによる空気不足

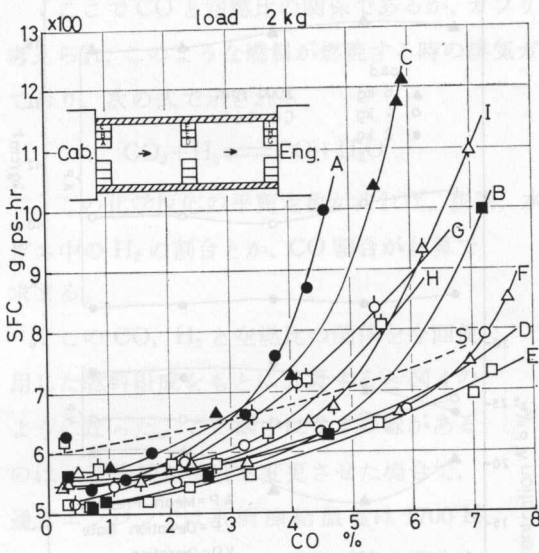


図7 絞り変動時のCO濃度と燃費率

Fig. 7. CO concentration and fuel consumption at the changing of the orifice.

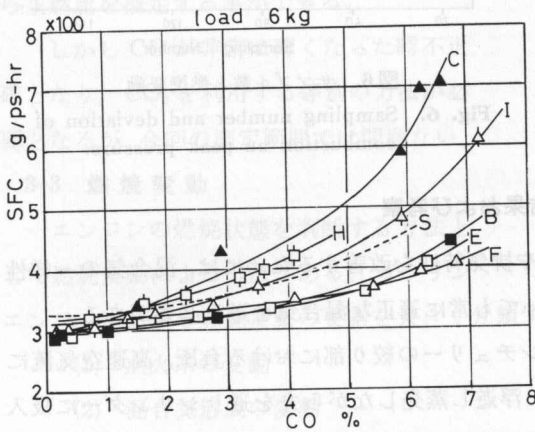


図8 絞り変更時のCO濃度と燃費率

Fig. 8. CO concentration and fuel consumption at the changing of the orifice.

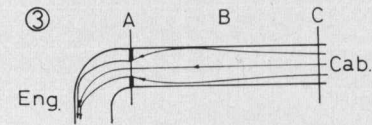
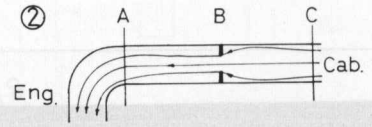
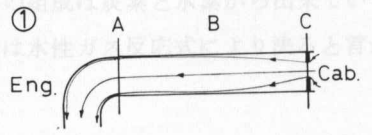


図9 マニホールド内の絞り位置と壁面流

Fig. 9. Position of the orifice and liquid flow inside the wall of manifold.

のため比較できない。次に中間の絞りである10 mmのB.E.Hを比較すると、負荷の大小にかかわらずE.B.Hの順に良い値を示している。また一番大きい絞り径14 mmも同じくF.I.Cの順に燃費率が良い値を示している。

この結果、キャブレターとエンジンの間に絞りを入れた場合に一番燃費率が良くなり、次にエンジン側であり、キャブレター側が一番悪いことが明らかになった。

次に、このような結果をもたらした絞りが燃費率に及ぼす影響を図9で考察すると、キャブレター側に絞りを入れた①の場合、

C点で絞りによって一度管の中心に集まった液滴は、エンジンに入る前に液滴の自重、管内うず流等により再び壁面に付着し管壁流となり燃焼室内に流れ込むものと思われる。エンジン側に絞りを入れた場合、③のように、壁面に沿って流れてきた液滴はA点での絞りにより管の中心に集められるが、絞りにより流速が高められるためバンド部壁面に衝突、付着し壁面流となり、そのままシリンダ内に流れ込むものと思われる。

以上のことから、②のように中間に絞りを入れた場合に一番液滴が壁面に付着しないも

のと思われる。したがって、液滴を吸入空気に浮遊させりことができ燃費率が向上したものと推論できる。

(2) 絞り径による影響 図7, 図8より, 絞り径を基準にしてみると, キャブレター側で負荷2kgのCOの濃いところでB.C.Aの順に良い結果が得られた。次に, 中間におけるものは, 径の大小にかかわらずほとんど変化は見られない。またエンジン側においては, 負荷6kgでは, HよりIの方が若干良い結果が得られている。

したがって全体的に見ると, 絞り径による影響はあまり顕著には見られない。

一般的考え方として負荷の小さいとき絞り径を減少させた方が効果的と思われるが, このエンジンに使われているキャブレターがサイドドラフトのため絞り部で燃料がたまり, それが間欠的に流れるため微粒化の割合が減少する事も考えられ, 小さいほど良いと言う結果は出ていない。

4-2 排気ガス特性

(1) 絞り位置による影響

図10, 図11は, 負荷2kg, 6kg時のNO, HC濃度の測定結果を示したはのである。負

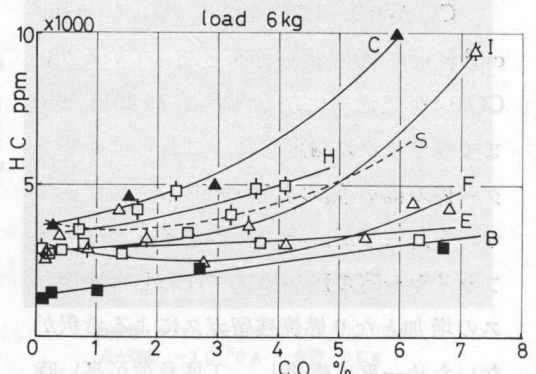
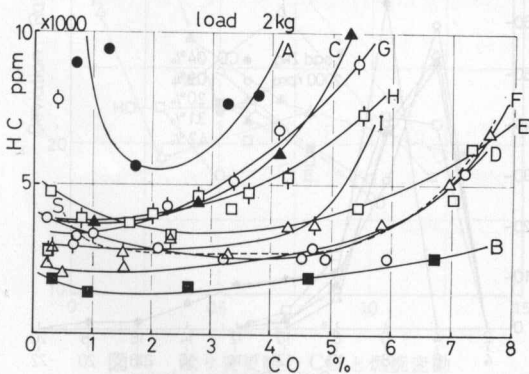
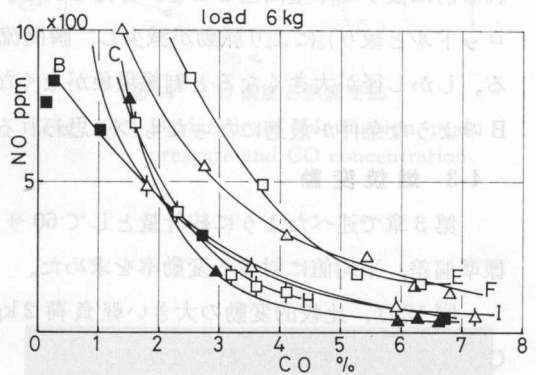
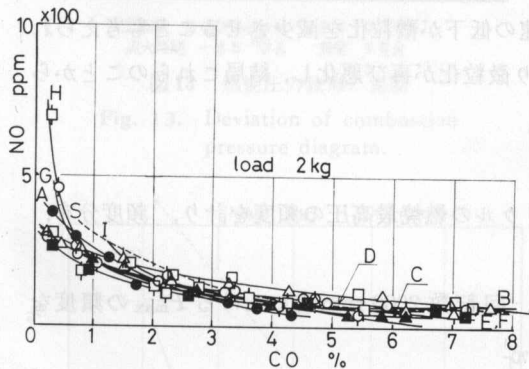


図10 絞り変化時のCOに対するHC, NO

Fig. 10. HC and NO against CO at the changing of the orifice.

図11 絞り変更時のCOに対するHC, NO

Fig. 11. HC and NO against CO at the changing of the orifice.

荷 2kg のとき NO に関しては絞り位置による変化は顕著に見られないが、CO 3% 以下では標準状態より低い値を示している。通常、燃焼が改善されれば NO も高くなるが、燃焼変動が大きい場合、数サイクルに 1~2 度でも残留ガスの関係等で急激燃焼を起こすと、NO は温度に対し指数函数的増加を示すことから、燃焼が悪くても NO が高いことが起こり得る。

次に HC は小さい絞り 6 mm 径を比較すると、D.G.A の順に減少し、10 mm 径は、B.E.H の順に、また 14 mm 径は、F.I.C の順に減少している。負荷 6 kg についても同様のことが言える。B だけが燃費率と異なった傾向を示しているが、他は先の燃費率と一致した結果が得られた。この B が特に低い値を示すことに関しては、燃焼変動も含めた総合的なもので判断する。

(2) 絞り径による影響

HC, NO とも絞り径による影響はあまり見受けられない。その中でキャブレター側に取付けた場合だけ径の影響が少し出ていることがうかがえる。燃費率のときも同様であったが、キャブレター側のとき 10φ, 14φ, 6φ の順で悪化する。これは、キャブレター直後のため、絞り径が小さいとアマル型のキャブレターの燃料ノズルが絞り径の外側に位置し、微粒化される前に絞りの障壁に当ることが考えられる。またノズル部に働く速度波は連続した絞り（スロットルと絞り）により脈動が減少し、瞬間流速の低下が微粒化を減少させることも考えられる。しかし径が大きくなると剥離現象がなくなり微粒化が再び悪化し、結局これらのことから B のような条件が最適になったものと思われる。

4-3 燃焼変動

第 3 章で述べたように統計量として 60 サイクルの燃焼最高圧の頻度を計り、頻度分布、標準偏差、平均値に対する変動率を求めた。

図 12 は、比較の変動の大きい軽負荷 2 kg、回転数 2000 rpm 時における P_{max} の頻度を CO 濃度に対して調べた結果である。

CO が 0.9~4.2% までは P_{max} 4~8 kg/cm² 付近に 90% 近い分布となっているが、CO 0.4% と希薄になると P_{max} が 20 kg/cm² まで数サイクル測定され、これらはシリンダー内の混合気の量が減少しミスファイヤーを起こすが、その次のサイクルはミスファイヤー時の残留ガスすなわち未燃焼ガスの増加となり燃焼残留ガスによる希積がないため一度に燃焼し、丁度負荷が高い時と同じ条件となりピーク圧が高くなる。このような状態を写真で示すと図 13 のよう

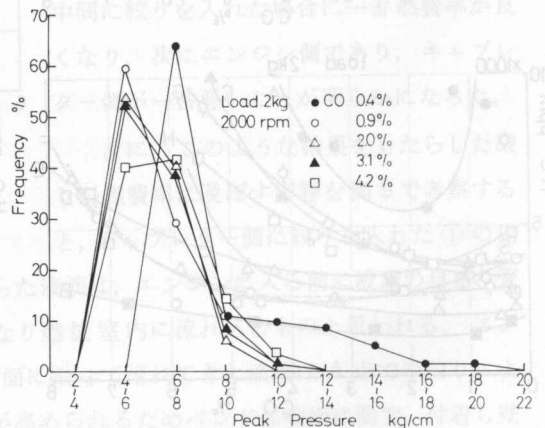


図 12 最高圧の頻度分布

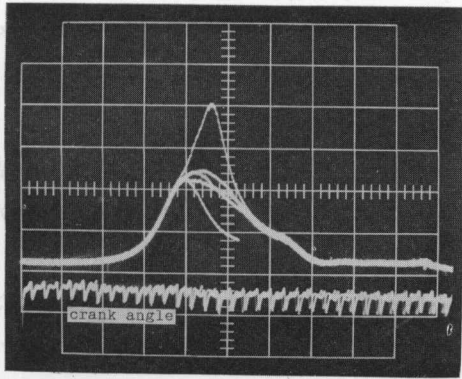
Fig. 12. Distribution of peak pressure.

になる。この結果、圧力変動は大きくなり混合気が可燃限界に近づくほど顕著になる。

上記のような頻度変化の状態を最高圧平均値、標準偏差、変動率で比較したのが図14である。

CO 6% 以上で変動率は増加し、2~6% の範囲では、ほぼ平均した値を示し燃焼が安定しており、また1% 以下においては極端に変動していることがわかる。

絞り位置による変動率の変化は、図15に示すようにキャブレターとエンジンの中間に位



回転数 2000rpm CO 0.6%
点火時期 -35 °CA 負荷 6Kg

図13 燃焼圧力波形の変動

Fig. 13. Deviation of combustion pressure diagram.

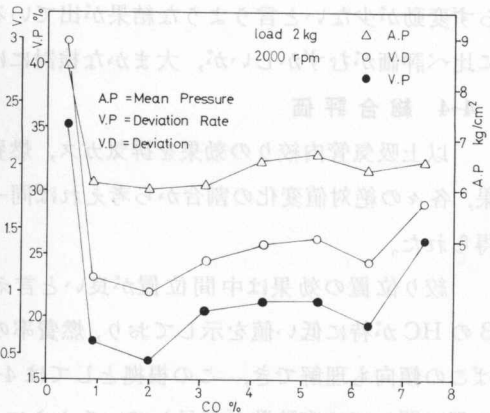


図14 CO濃度と燃焼変動

Fig. 14. Deviation of combustion peak pressure and CO concentration.

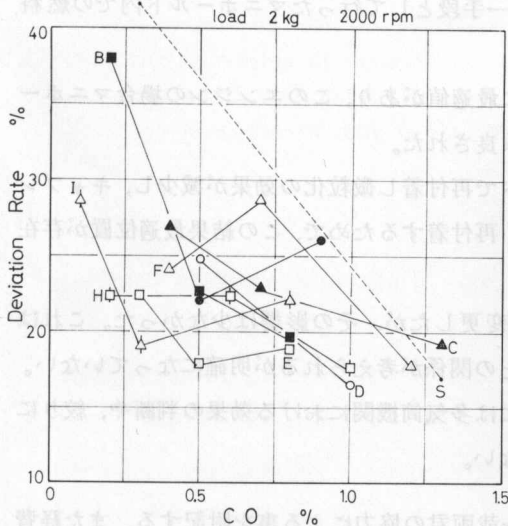
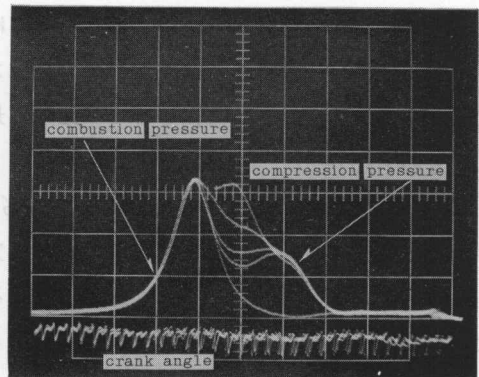


図15 絞り変更時のCOと燃焼変動

Fig. 15. CO and deviation of combustion pressure at the changing of the orifice.



回転数 2000rpm CO 0.75%
点火時期 -10 °CA 負荷 2Kg

図16 圧縮圧力波形と燃焼圧力波形

Fig. 16. Compression pressure and combustion pressure diagram.

置するものが少ない傾向となっている。またこの CO 濃度範囲では、いずれも標準状態より良い結果となった。

これは混合気の形成、とくにこの位置における燃料の微粒化により均一な混合気形成が行なわれたものと思われ、燃費率、排気の結果とともにほぼ同一の傾向を示している。

絞り径による変動率の変化は、他の結果と同様あまり顕著な傾向は見られない。

今回の燃焼変動評価に最高圧力による評価方法を用いたが、軽負荷では図 16 に見られるように圧縮圧力より低い圧力で燃焼する場合があります、このような場合は燃焼が悪いにもかかわらず変動が少ないと言うような結果が出ているため十分な評価方法でなく、燃費率や排気ガスに比べ評価がむづかしいが、大まかな検討には利用できた。

4-4 総合評価

以上吸気管内絞りの効果を排気ガス、燃費率、燃焼変動と言う三要素で考察してみた結果、各々の絶対値変化の割合から考えれば同一とは言えないが、傾向としてはほぼ同じ結果が得られた。

絞り位置の効果は中間位置が良いと言えるが、径に関しては、キャブレター側に付けた B の HC が特に低い値を示しており、燃費率の傾向と異なっている。この位置だけで判断すればこの傾向も理解でき、この根拠としては 4-2(2) のような考察が可能である。このように絞り径に関しては実験数が不足しているようにも思えまだ調べる必要があると思う。

5. 結 論

ガソリンエンジンの燃焼および排気改良の一手段として行ったマニホールド内での燃料微粒化促進の結果次のような事がわかった。

i) 吸気管内に絞りを入れる場合絞り位置に最適値があり、このエンジンの場合マニホールド中央で燃費率、排気ガス、燃焼変動ともに改良された。

エンジン側に絞りを入れた場合ポートバンドで再付着し微粒化の効果が減少し、キャブレター側の場合シリンダーに入るまでの距離が長く再付着するため、この結果最適位置が存在したと思う。

ii) 絞り径を面積比で 50%、25%、10% と変更したが、その影響は少なかった。これはキャブレター形式及び絞り前の燃料のたまり方との関係が考えられるが明確になっていない。

以上のような事がわかったが、実用化するには多気筒機関における効果の判断や、絞りによる性能低下を押える方法を考えなければならない。

なお、当実験は当時学生竹田真之介、西村一哉両君の協力による事を附記する。また経費の一部は環境公害実験室から支出されたものである。

文 献

- 1) F. A. Wyczalek: SAE Paper, No. 750351 (1975).
- 2) T. Date: SAE Paper, No. 740605 (1974).
- 3) 宝諸幸男: 内燃機関, Vol. 14, No. 162, p. 87 (1975).
- 4) 大東俊一: 内燃機関の燃焼に関する計測, p. 67 (1973) 山海堂.

A Study of the Plastic Flow Displacement in Friction Welding

by Tetsuo TUI and Masami PUTAMATA

In friction welding, the growth of burrs or of the heat-affected zone is closely related with the plastic flow displacement. Some experiments on these problems were carried out by the authors.

In this paper, several results are obtained to make clear the mechanism of friction welding by applying the theoretical analysis of the plastic flow displacement to the forge welding and measuring the growth quantities of burrs and heat-affected zone under various conditions.

The calculated values from the theoretical formulas introduced into this analysis don't agree with the experimental ones, however these formulas are useful practically to estimate the displacement of the plastic zone of the weldment.

From the growth of burrs we can recognize that they have the symmetricooided cross section with increasing of the amount of reduction, and that the width and height of a section depend on the forging pressure and the amount of reduction. The growth of the heat-affected zone is also same as the above.

1. ま え が き

摩擦溶接は摩擦を有効に利用し、その発熱によって溶体を接合する方法で、回転運動と直線運動を用いるので特に円形断面を有する材料の接合に適合している。

接合材料は同種材ばかりでなく異種材の接合も可能で、また短時間に接合が完了することから、現在では機械工業をはじめとして各種の分野で採用されつつある。

接合面は、その接合面が加圧されつつ相対運動することによって発生する摩擦熱によって加熱され、半溶融状態に至って溶接されることになる。しかし、摩擦溶接の機構は摩擦熱そのものが溶接を発生内容を持っていること、軸方向運動と回転運動の割合と材料の塑性流れ