

単胴気化器出口における液膜量の測定

高石 吉登・小口 幸成・浅野 弥祐*

Measurements of Liquid Film Flow Rate at the Outlet of Single-throat Carburetor

Yoshinori TAKAISHI, Kosei OGUCHI and Yasuke ASANO*

Abstract

The liquid film flow rate at the outlet of a single-throat carburetor has been measured with the use of an extraction slit method. Experiments have been conducted under the following conditions: intake negative pressure 50, 100, 150, 200 mmHg, throttle valve opening 0° (close), 20°, 40°, 60°, 81° (open full).

The liquid film distribution at the outlet of the test carburetor is discussed based on the experimental data obtained.

記 号

G_a : 空気流量	[g/s]
G_f : 燃料流量	[g/s]
G_t : 液膜量	[g/s]
P_i : 吸入管負圧	[mmHg]
R : 空燃比 ($= G_a/G_f$)	[-]
R_t : 液膜比 ($= G_t/G_f$)	[-]
t : 温度	[°C]
θ : スロットル弁開度	[deg]
j : 熱電対接点番号	
k : 液膜吸収装置環状室番号	

た混合気は吸入管を通して各シリンダに送られるので、その不均一さは吸入管内を液滴や液膜となって流れている液相燃料の分布の不均一さに強く依存することになる。したがって、実用に供されている気化器出口における混合気内の液滴および液膜流の分布を明らかにすることが重要となる。従来、このような観点から、液膜流に関するいくつかの研究¹⁻³⁾も行われているが、その挙動について十分に解明されていないのが現状である。

本研究では、実用に供されている気化器のなかから簡単な構造をもつ単胴気化器を取り上げ、その出口における混合気内の液相燃料の分布を明らかにするための第1段階として、液膜吸収装置を試作し、液膜量の測定を行った。

1. ま え が き

気化器付多シリンダ機関の各シリンダに対する混合気分配の不均一さは実際の機関においてかなりのものであることが知られている。この混合気分配の不均一さは機関の出力低下、燃料消費率の悪化につながる重要な問題である。混合気とは燃料と空気の混合物のことであり、気体ばかりでなく液滴や液膜も含んでいる。気化器付多シリンダ機関においては気化器で形成され

2. 実験装置および方法

2.1 供試気化器

本研究では構造が単純な一組のベンチュリをもつ単胴気化器を用いた。供試気化器は(株)日本気化器製作所製で、農耕用ガソリン機関のために設計・製作されたものである。供試気化器の構造の概要を Fig. 1 に示した。チョーク弁側の内径は 36 mm, スロットル弁側の内径は 28 mm である。大ベンチュリ径は 22 mm, 小ベンチュリ径は 7 mm となっている。内径 2 mm の主ノ

*Professor emeritus of Chiba University
昭和 61 年 10 月 2 日受理

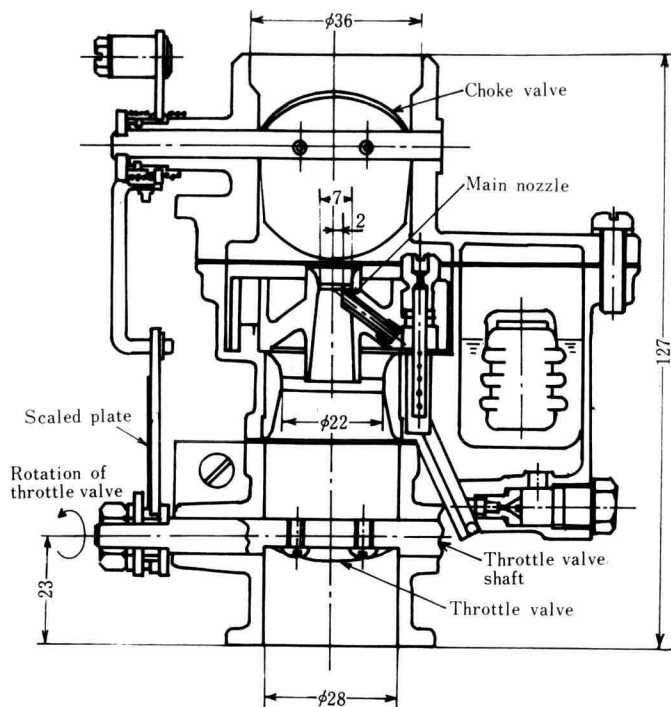


Fig. 1. Test carburetor (unit, mm)

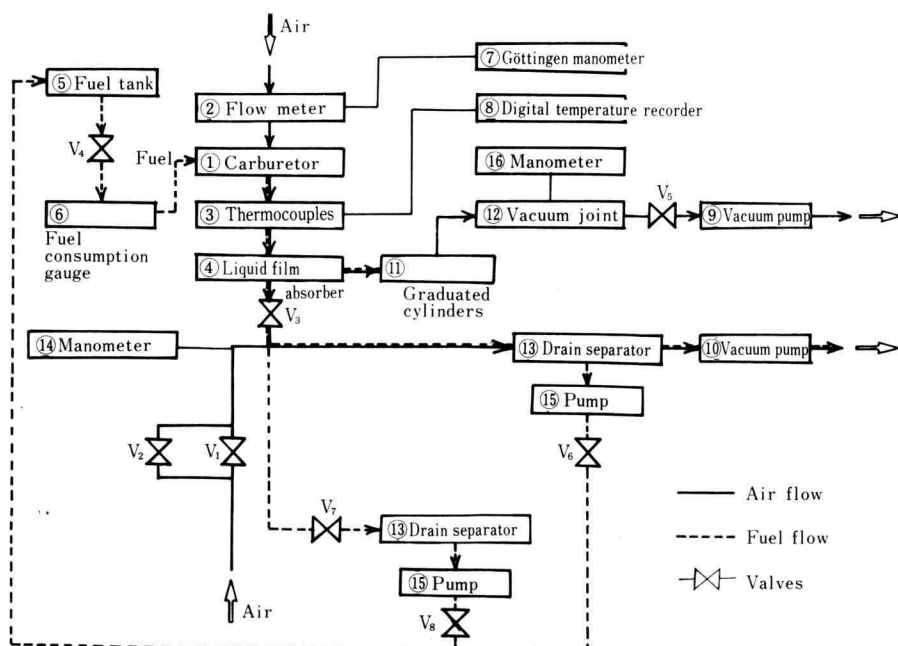


Fig. 2. Schematic diagram of experimental apparatus

ズルの先端は小ベンチュリの中心線より 2 mm の距離まで突きでている。スロットル弁の回転軸は気化器下端より上方 23 mm の位置にある。また、低速系統のアイドル・ポートはスロットル弁の回転軸に対して直角方向、気化器下端より 15 mm の位置に設けられている。本研究では上述の気化器にスロットル弁の開度を調節、設定できるように、スロットル弁の回転軸と連動する指針、目盛板および固定機構を製作し取付けた。スロットル弁は水平と 9° の角度で全閉の状態になっているので、スロットル弁の開度 θ としては、 $\theta=0^\circ$ で全閉、 $\theta=81^\circ$ で全開の状態になるように目盛付けを行った。

2.2 実験装置の概要

本研究では、実際の機関の代りに、真空ポンプを用いて吸入負圧を発生し制御できる気化器性能試験用に製作された試験台を使用した。この試験台を含めた本測定装置全体の概要を Fig. 2 に示す。水封式真空ポンプ ⑩ により発生され、弁 V_1 および V_2 により調節された吸入負圧によって、空気は層流型空気流量計 ② を通過し、供試気化器 ① 内で燃料と混合する。気化器で形成された混合気は液膜吸収装置 ④、弁 V_3 、ドレン・セパレータ ⑬ などを経て排気される。気化器へ流入する空気流量 G_a の算出のために必要とされる層流型空気流量計の圧力降下はゲッチゲン型マノメータ ⑦ で

計測する。また、気化器出口の吸入管負圧 P_i の測定には単管タンク付きマノメータ ⑭ を用いた。試験台の配管には内径 100 mm、肉厚 4.9 mm および内径 50 mm、肉厚 3.2 mm の鋼管（亜鉛メッキ）が使用されている。気化器性能試験のために製作された試験台の一部を Fig. 3 に示した。

燃料には通常のガソリンではなく、Esso 社製ナフサ（第 2 石油類、No. 5）を用いた。ナフサの密度は 15°C において 0.775~0.780 g/cm³ である。本研究では、燃料タンク ⑤ を気化器設定レベルよりも約 1 m 高い位置に置くことにより燃料ポンプなしで燃料を供給できるようにした。気化器へ流入する燃料流量 G_f は自動燃費計 ⑥ により測定された体積流量に燃料の密度を乗じて求めた。燃料の密度値には実験時に比重計により計測した値を使用した。なお、試験台にはドレン・セパレータ ⑬ 下部にあるドレン・ポットから自動的に燃料を回収するポンプ ⑮ が設けてあるが、今回の実験では使用していない。

2.3 液膜吸収系

吸入管内を流れる液膜量の測定に用いた液膜吸収系の概要を Fig. 4 に示す。液膜は上述した真空ポンプ ⑩ とは別の水封式真空ポンプ ⑨ によって発生する負圧により液膜吸収装置 ④ からメスシリンダ ⑪ へと導かれ、採取される。採取量と採取時間とから液膜量が測

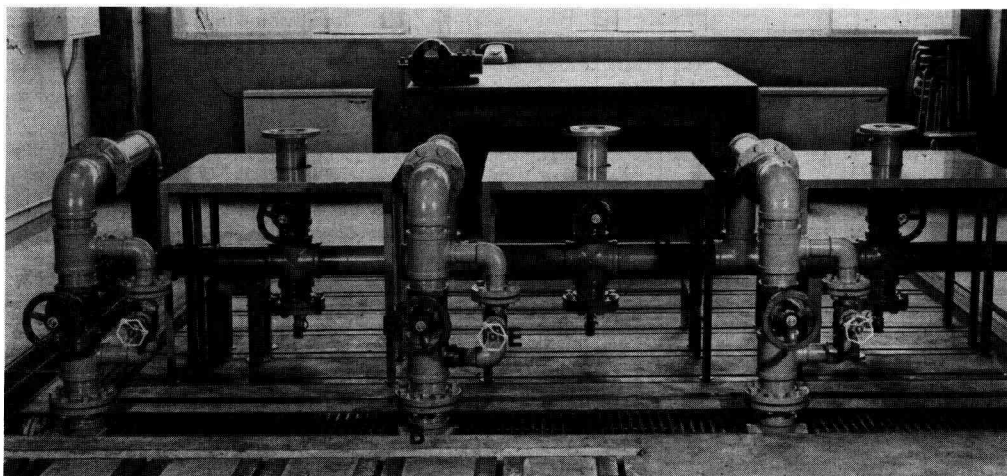


Fig. 3. Carburetor test stand

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| A: Install port of test carburetor | D: Valve, V_1 in Fig. 2 |
| B: Air intake pipe | E: Valve, V_2 in Fig. 2 |
| C: Evacuation pipe | F: Valve, V_3 in Fig. 2 |

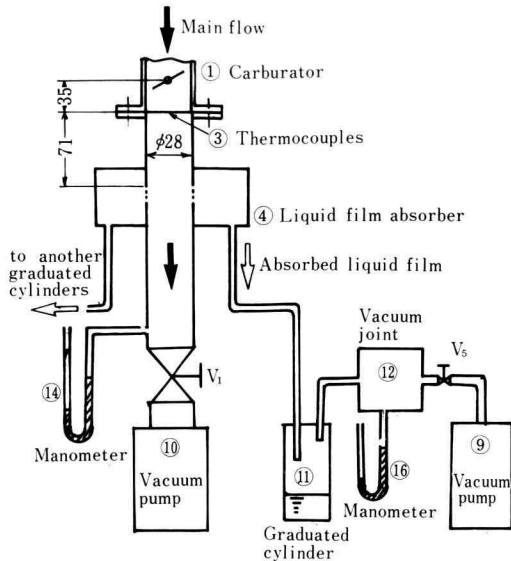


Fig. 4. Schematic view of liquid film absorption system (unit, mm)

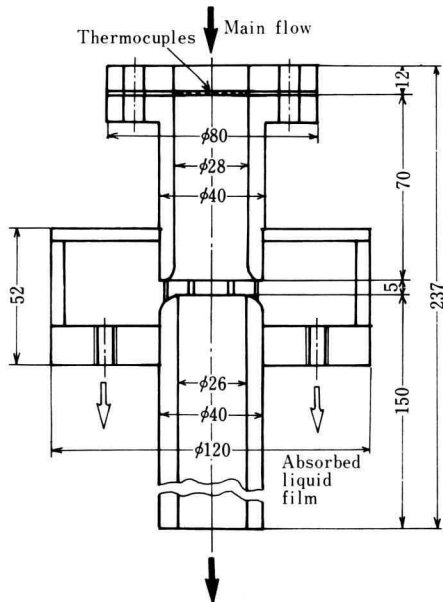


Fig. 5. Details of liquid film absorber (unit, mm)

定できる。液膜吸収装置④内の管壁には円周に沿い8等分する方向にそれぞれ8つの隙間が設けてある。それぞれの隙間から吸引・分離された液膜はそれぞれ8個の環状室に集められ、さらに独立した8個のメスシ

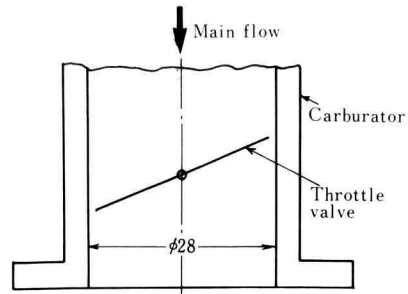


Fig. 6. Arrangement of thermocouples and liquid film absorber

1~25: Position number of thermocouples (j)
1~8: Division number of liquid film absorber (k)

リンダに採取できるようになっている。各メスシリンダは真空継手⑫に接続されている。液膜吸収負圧は弁 V_5 の開閉により調節され、単管タンク付きマンメータ⑬により測定する。

液膜吸収装置④の詳細をFig. 5に示す。液膜吸収装置は気化器出口における吸管内の流れを肉眼で直接観察できるように透明なアクリル樹脂で製作した。気化器と液膜吸収装置のフランジ部分には、この断面における温度分布を測定するために、合計25点の熱電対(銅-コンスタンタン)を補助的に設置した。これは、混合気中の液滴がこの熱電対の接点に衝突し蒸発することによる温度変化が検出できるならば、気化器出口付近の混合気中の液滴の存在が確認できるかもしれないと考えたからである。計25点の熱電対はすべてマルチ・チャンネル・デジタル温度計(分解能 0.1°C 、走査

Table 1. Experimental results

Intake negative pressure	Throttle value opening	Air flow rate	Fuel flow rate	Liquid film flow rate	Liquid film-fuel ratio	Air-fuel ratio
P_i [mmHg]	θ [deg]	G_a [g/s]	G_f [g/s]	G_l [g/s]	R_l [—]	R [—]
50	0	0.4	0.06	0.040	0.67	7
	20	5.0	0.34	0.219	0.64	15
	40	18.2	1.20	0.699	0.58	16
	60	34.1	2.02	0.886	0.44	17
	81	39.2	2.29	0.406	0.18	17
100	0	0.6	0.08	0.070	0.88	8
	20	6.4	0.46	0.339	0.74	14
	40	25.7	1.59	0.889	0.56	16
	60	47.3	2.82	1.050	0.37	17
	81	54.2	2.99	0.560	0.19	18
150	0	0.8	0.10	0.085	0.85	8
	20	10.1	0.60	0.409	0.68	17
	40	31.8	1.90	1.018	0.54	17
	60	55.1	3.08	1.337	0.43	18
	81	63.0	3.06	0.702	0.23	21
200	0	0.9	0.12	0.107	0.89	8
	20	11.3	0.65	0.509	0.78	17
	40	35.0	2.02	1.055	0.52	17
	60	60.4	3.06	1.487	0.49	20
	81	67.4	3.11	0.819	0.26	22

時間 0.1～10s)に接続されており、温度分布が測定される。Fig. 6 には、液膜吸収装置の環状室の番号 k および熱電対の接点番号 j を示した。図中、矢印は供試気化器のスロットル弁回転方向、主ノズルおよびアイドル・ポートの向きをそれぞれ示している。熱電対は、接点番号 1 が断面中心、接点番号 2～9, 10～17, 18～25 が半径方向に 4 mm 間隔毎の同心円上になるようにそれぞれ設置されている。

3. 実験結果および検討

本研究では、気化器出口における吸入管負圧 P_i および気化器のスロットル弁開度 θ を実験パラメータとして選んだ。実験は吸入管負圧を一定に保ちながら、弁開度をそれぞれ、0°（全閉）、20°、40°、60° および 81°（全開）と変化させて行った。また、吸入管負圧は、50, 100, 150 および 200 mmHg の値にそれぞれ設定した。

さらに、液膜吸収のための負圧は、各吸入管負圧より 20 mmHg だけ大きい負圧に設定した。

Table 1 に実験結果を示す。同表中、液膜量 G_l は、8 個の環状室をもつ液膜吸収装置によってそれぞれ単独に測定された液膜量 $G_{l,k}$ ($k=1\sim 8$) の総和 $\sum_k G_{l,k}$ である。また、液膜比 R_l は燃料流量 G_f に対する全液膜量 G_l の割合と定義し、 $R_l = G_l / G_f$ である。さらに、 R は空燃比（あるいは混合比）を表わし、 $R = G_a / G_f$ と定義されている。供試気化器出口における吸入管内の液膜量 G_l はスロットル弁開度が大きくなるにしたがい増加し、弁開度 $\theta=60^\circ$ 付近で最大となり、全閉にいたるまでにわずかに減少する傾向を示した。一方、液膜比 R_l はスロットル弁開度 θ が大きくなるにつれて減少する傾向をもつが、各吸入管負圧のもとにおいて、弁開度 0° で 70～90%、弁開度 40° で 50～60%、弁開度 81° の全開でさえ 20～30% にも達している。供試気

化器出口の吸入管内においては、燃料の大半が液膜となって流れていることが確認された。

肉眼による吸入管内の液膜流の観察によると、スロットル弁度 $\theta = 0 \sim 40^\circ$ の範囲で、液膜流は上流側から見て反時計回りに旋回していることが認められた。この液膜流の旋回は、弁開度が 60° 以上では液膜量および混合気流量の増大にともない肉眼では判然としなくなった。Fig. 7 に液膜流の旋回の様子をスケッチし

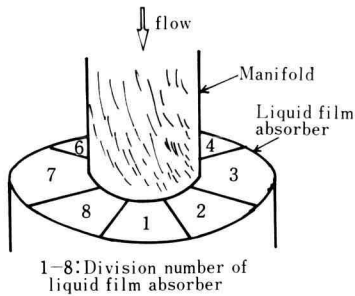
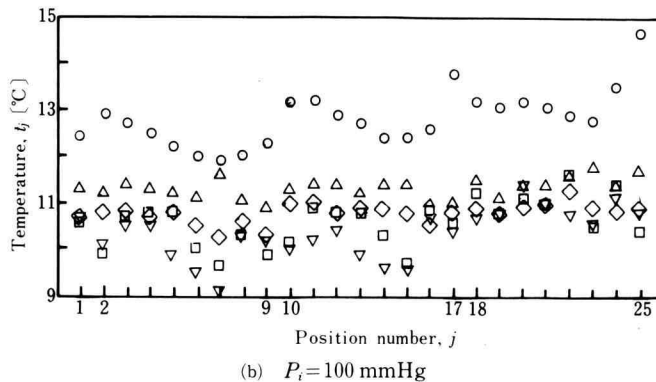
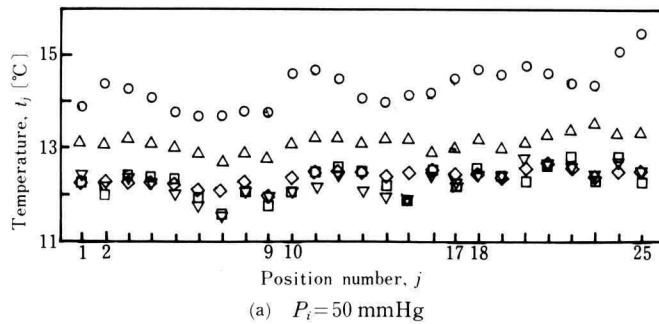


Fig. 7. Typical sketch of liquid film flow at the manifold
Experimental condition: $P_i = 100$ mmHg, $\theta = 20^\circ$

た一例を示す。

Fig. 8 は気化器出口における吸入管断面の温度分布 $t_j (j=1 \sim 25)$ を示す。計 25 点の温度測定は走査時間は 0.1 s 以内である。吸入管断面における温度分布の挙動は吸入管圧力よりもスロットル弁開度に大きく影響を受けた。弁開度 $\theta = 20^\circ$ および 81° の場合には、測定温度 $t_j (j=1 \sim 25)$ は 2°C 程度の温度幅のなかに分布した。一方、弁開度 $\theta = 0^\circ, 40^\circ$ および 60° の場合には最大 4°C もの温度分布の幅が検出された。しかしながら、これらの温度分布が、初期の目的どおり混合気中の液滴によるものなのか、あるいは混合気の流れそのものによって生ずるなどの他の要因によるものなのか、ということについては、本実験結果からのみではわからなかった。

液膜吸収装置により測定された吸入管内円周方向に沿う液膜量 $G_{i,k} (k=1 \sim 8)$ の分布を Fig. 9 に示した。この結果より、吸入管内円周方向には著しく不均一な液膜量の分布が存在することが明らかとなった。この液膜量の分布の挙動は吸入管圧力によっては概して変化しないが、スロットル弁開度によって強く影響を受けた。液膜量分布 $G_{i,k}$ の特徴的な傾向と弁開度 θ と



の関係についてまとめると以下の(a)~(d)のようになる。

(a) $\theta=0^\circ$ (全閉) の場合

液膜流は液膜吸収装置の環状室1, 2および8へわずかに分布する。これは環状室7の上方にあるアイドル・ポートから流れ出した燃料が吸入管内壁に沿い反時計回りに旋回しながら流れ落ちることによる。

(b) $\theta=20^\circ, 40^\circ$ の場合

液膜流は環状室2, 3および4に多く分布する。気化器の主ノズルから流出した燃料の大部分がスロットル弁によって受けとめられ、傾斜したスロットル弁の下方向の吸入管壁につたわり、ついで吸入管内壁に沿う反時計回りの旋回下降によって、環状室2, 3および4に集中するようになる。

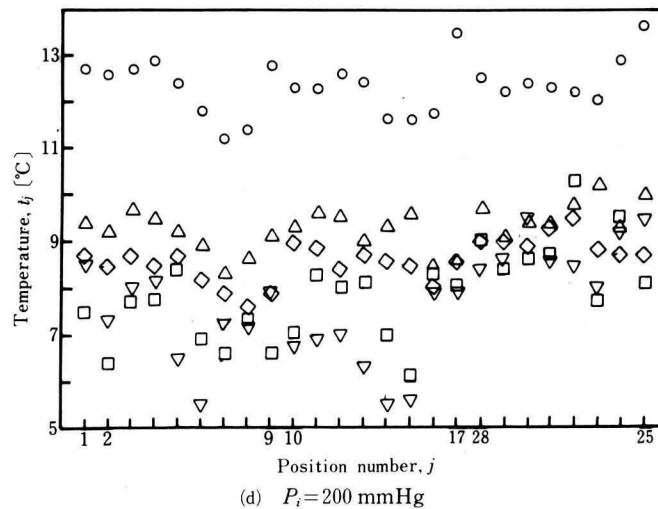
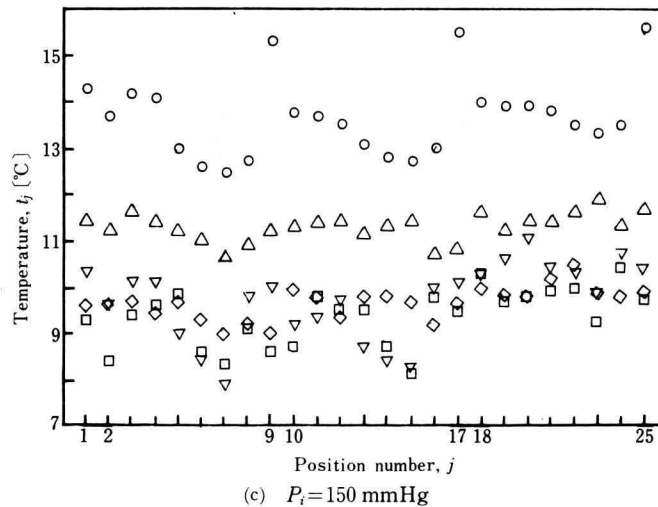


Fig. 8. Temperature distribution

Angle of throttle valve opening :

○ $\theta=0^\circ$ (close) △ $\theta=20^\circ$ ▽ $\theta=40^\circ$
 □ $\theta=60^\circ$ ◇ $\theta=81^\circ$ (open full)

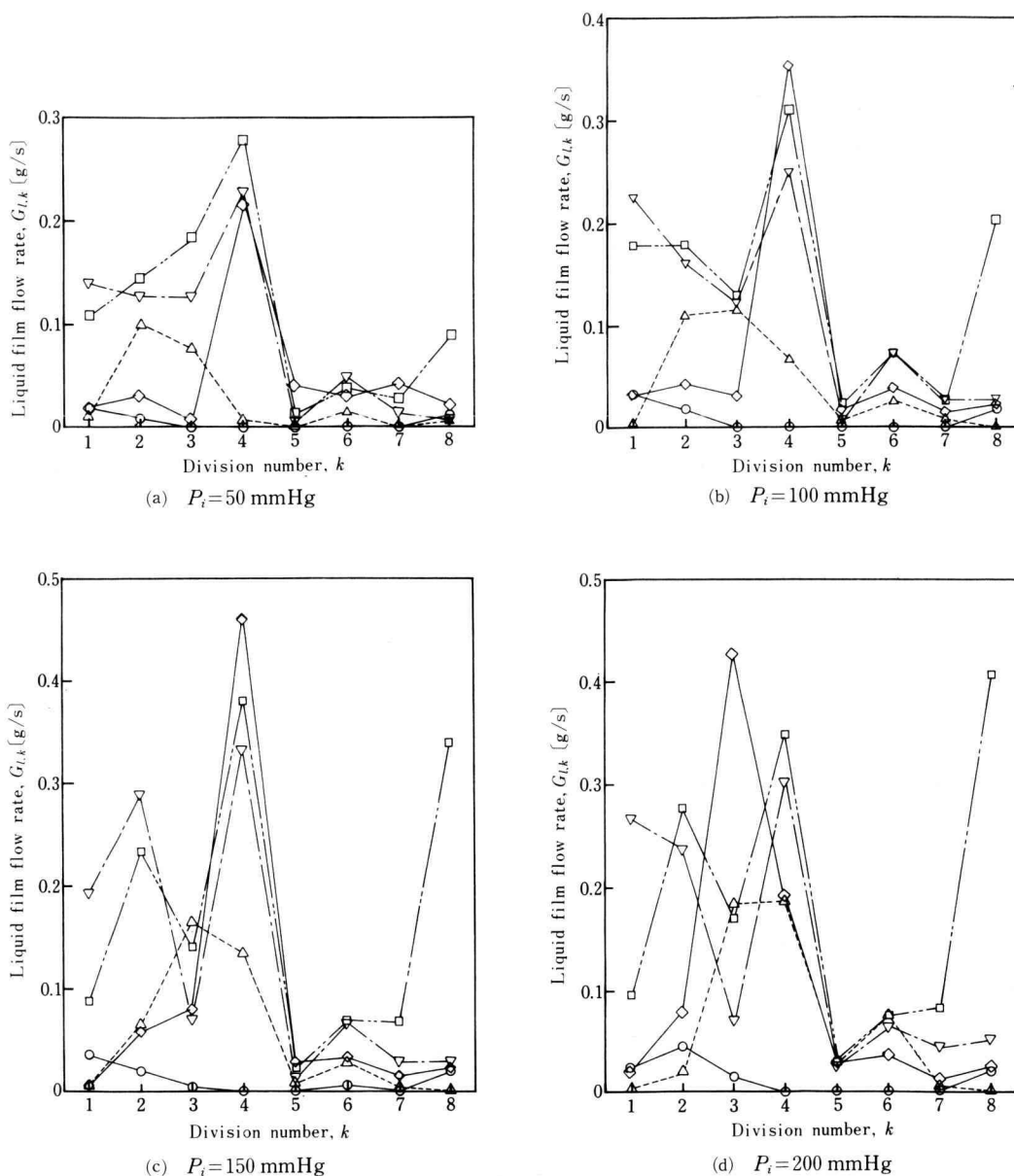


Fig. 9. Distribution of liquid film flow rate

Angle of throttle valve opening:

 \bigcirc $\theta = 0^\circ$ (close) \triangle $\theta = 20^\circ$ ∇ $\theta = 40^\circ$ \square $\theta = 60^\circ$ \diamond $\theta = 81^\circ$ (open full)(c) $\theta = 60^\circ$ の場合

弁開度が $\theta = 60^\circ$ になると、前述したように全液膜量 G_l は最大になるが、液膜量の分布には大きな変化は見られない。ただし、環状室 1 への分布が減少し、環

状室 8 への分布が増加している。これは、傾斜したスロットル弁の上方向にある隙間から流れ落ちる燃料が反時計回りの旋回により環状室 1 および 2 へ集中していたものが、混合気の流速の増加に伴い旋回の程度が

弱まり、環状室8に多く分布するようになったと考えられる。

(d) $\theta=81^\circ$ (全開) の場合

前述したようにスロットル弁全開では全液膜量 G_L は若干減少し、液膜量分布 $G_{L,k}$ はわずかではあるが均一化する傾向をもつ。

さらに、液膜量分布の特徴として、吸入管負圧 $P_i=50, 100, 150$ mmHg, スロットル弁開度 $\theta=40^\circ, 60^\circ, 81^\circ$ の場合には、液膜量の分布には環状室4にピークが生じた。また、すべての吸入管負圧に対して、 $\theta=40^\circ$ および 60° の場合には、液膜量の分布は環状室5, 6, 7よりも環状室1, 2, 3, 4へ多く集中する傾向を示した。これらは、気化器の主ノズルの向きとスロットル弁の回転軸の方向とが一致していること、また、吸入管内壁に沿う液膜流が反時計回りに旋回することなどの結果として生ずるものと考えられる。

4. あとがき

気化器付多シリンダ機関の混合気分配の不均一さに影響をおよぼす気化器出口における吸入管内の液膜流に着目し、液膜吸収装置を用いることにより単胴気化器出口における液膜量を実測した。実験は、吸入管負圧 $50\sim 200$ mmHg, 気化器スロットル弁開度 0° (全閉), $20^\circ, 40^\circ, 60^\circ, 81^\circ$ (全開) の条件下で行った。

本測定結果をまとめるとつぎのようになる。

(1) 全液膜量はスロットル弁開度が大きくなるにしたがい増加し、弁開度 60° 付近で最大となり、全開ではわずかに減少する。また、液膜比は弁開度が大きくなると減少するが、全開時においてさえ $20\sim 30\%$ にも

達している。

(2) 液膜流には、弁開度 $0\sim 40^\circ$ の範囲において上流側からみて反時計回りの旋回が認められた。

(3) 液膜流には吸入管内円周方向に沿う分布の不均一さが存在した。この液膜量分布の不均一さは、主ノズルの方向とスロットル弁回転軸の方向との相対性、スロットル弁の開度、上述の液膜流の旋回などに依存するものと推測される。

以上、本研究で採用した隙間法による液膜吸収装置により、気化器出口における液膜量が測定でき、かつその分布の不均一さの様相を把握できることがわかった。今後、気化器の構造と関連づけて同様の実験的研究を行うことにより、気化器の改良に寄与できる知見を得ることができるのではないかと考えられる。

最後に、本研究を行うにあたり、気化器を提供していただくとともに貴重なご助言をいただいた(株)日本気化器製作所、実験装置の製作および実験にご協力くださった旧浅野研究室、小口研究室および高石研究室の卒業生に対し深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) ヴェ・イ・アンドレーエフほか、浅野弥祐訳：「気化器付き機関の混合気分配(1)」, 内燃機関, Vol. 15, No. 179 (1976), 27.
- 2) 柄沢, 倉林：自動車技術協会学術講演会前刷集, No. 711 (1971), 36.
- 3) 塩田, 花野井：日本機械学会北陸信越支部講演論文集, (1974), 189.