U.D.C. 621.43.03

気化器エアブリードの導入空気流量と燃料の脈打噴出

The Inflow Air Quantity from Air Bleed at Carburetter and the Pulsation of Fuel Jet

宝諸幸男* 高橋亨* 市川国雄*
Yukio Hōsho Tōru Takahashi Kunio Ichikawa

内　容　梗　概

主燃料系統作動の初期に発生する燃料の間欠的噴出（これを脈打噴出という）は，気化器性能改善の障壁となり，悩まされる問題である。

筆者らは，その原因を究明し，エアブリードから導入される空気流量を初めて実測するとともに，各種の気化器を種々の条件で運転した場合の燃料の脈打状況を高速度写真などに撮影して観測し，その原因がエンジンの脈動気流でなく，エアブリード導入空気に起因することを実験的に明らかにした。

1. 緒　　言

自動車の実用走行時において，燃料消費率が少なく，しかも加速性能および運転性の良好なことを要求されるガソリンエンジン用気化器は，燃料通路の途中にエアブリードを備えており，このエアブリードは空燃混合比の調整作用と燃料微粒化の促進に貢献するといわれている(1)~(3)。

ところが，エアブリードにはかかる長所ばかりでなく，ある条件においては，燃料の間欠的噴出すなわち脈打噴出の原因となる欠点もあることが確かめられた。またエアブリードから導入される空気流量がいかほどの量であるか，実測された結果を知らない。

そこで筆者らは，各種の実用気化器を種々の条件で運転し，エアブリード導入空気流量を測定すると同時に，主噴出口からの燃料の噴出状況を高速度写真，高速ストロボなどによって観測して，脈打の状況を明らかにするとともに，その原因を究明した。

2. 気化器の構造とエアブリードの機能

現在実用されている気化器には，下向ストロンバーグ式，下向ソレックス式，カーター式，横向通気式など各種のものがあるが，その一例として第1図に下向ソレックス式の構造を示す。

2.1 下向ソレックス式気化器の構造

この気化器は低速燃料系統，主燃料系統，補助燃料系統および加速ポンプ装置を備えている。

2.1.1 主燃料系統

吸入空気はエアクリーナを経て，チョーク弁室から気化器に流入し，ベンチュリ部において流速を増し，絞弁室を通りエンジンに吸入される。

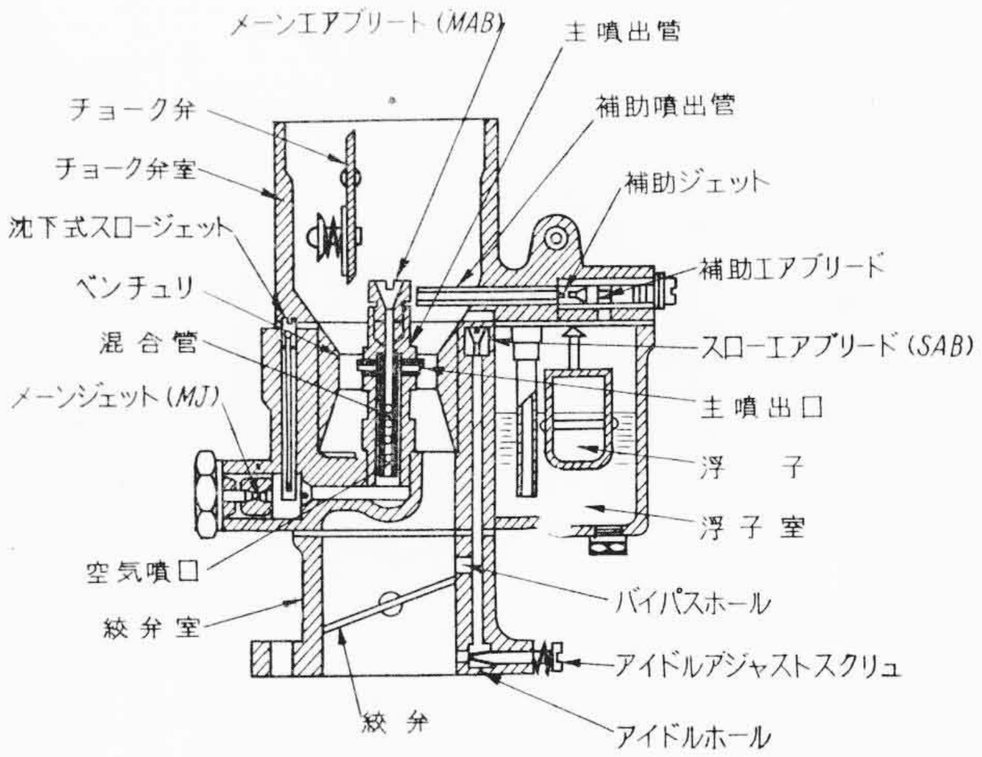
主噴出管はベンチュリのど部に直立し，燃料は浮子室の底部から主燃料通路を経て，メーンジェット（略号 MJ）により計量される。主噴出管内燃料中には，メーンエアブリード(略号 MAB)の下端に続く混合管がそう入されており，MABからの導入空気が混合管の中から空気噴口を経て，主噴出管内径と混合管の間にはさまれる燃料中に吸い込まれ，気液混合物となって主噴出口から噴出する。

2.1.2 低速燃料系統

MJ の直後から分岐するスロー通路を経て，スロージェット(略号 SJ) とスローエアブリード (略号 SAB) により計量された燃料と空気が混ざって混合物となり，アイドルホールおよびバイパスホールから噴出する。

2.1.3 補助燃料系統

補助ジェットおよび補助エアブリードにより計量された燃料を



第1図　下向ソレックス式気化器の構造

エンジンの高速，高負荷運転時に，補助噴出管から追加する燃料系統である。

2.1.4 加速ポンプ装置

エンジンを急に加速する場合に，絞弁軸に連動するリンクによって，ピストンを作動させシリンダ中の燃料を吐出する装置である。すなわちこれらの各種の燃料装置が適宜作動して，エンジンのいかなる運転条件に対しても常に適正な混合気を供給するような機能を果している。下向ストロンバーグ式そのほかにおいても同様な燃料機構を備えている。

2.2 エアブリードの機能

上述したように，各燃料系統に対してジェットとエアブリードを備えているが，MABの作用が明らかになれば，ほかのエアブリードの場合も同様な機能をもつとみなしうるので，以下にMABの作用について述べる。

2.2.1 空気導入方式

MAB から混合管を経て主噴出管内の燃料中に空気を導入する方式は，主燃料系統の構造から2種類に大別される。すなわち，

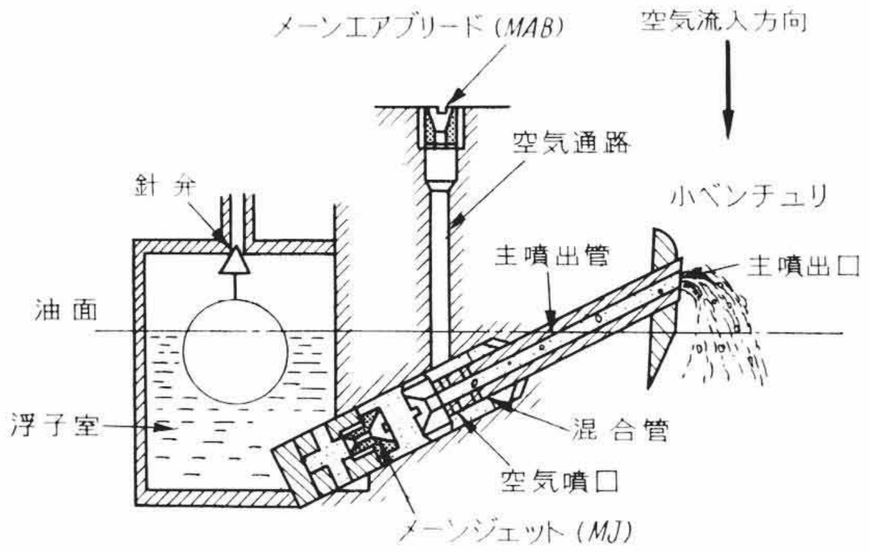
（1） 混合管の内部を燃料が流れる場合

第2図(a)に示す下向ストロンバーグ式などの場合には，MABにより計量された空気は混合管の周辺に至り，空気噴口より混合管の内部を流動する燃料中に混入して混合物となり，主噴出口からベンチュリ内に噴出する。

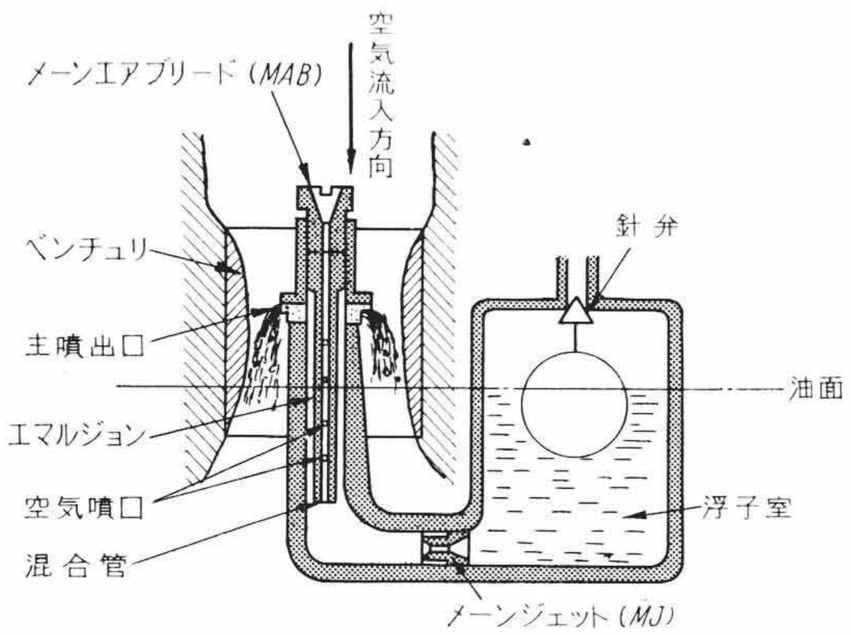
（2） 混合管の周囲を燃料が流れる場合

下向ソレックス式などにおいては，第2図(b)に示すように，混合管内を流下した空気が，噴口から周囲の燃料中に吸い出されて混合物を形成する。いずれの場合にも空気と燃料が混ざったのちの混合流は，ボイラなどの罐水循環に関する実験結果(4)~(6) に

* 日立製作所多賀工場



(a)　下向ストロンバーグ式



(b)　下向ソレックス式

第2図　主燃料系統におけるMABの作用図

みられるように，導入空気流量に応じて，気泡流・エマルジョン流～環状流にわたる流動様式をとるものと考えられる。

2.2.2　エアブリードの作用

（1）　混合比の自動調整

第3図に示す主燃料系統図において，実線はエアブリードのない場合，点線はエアブリードを設けた場合である。

エアブリードのない場合の混合比MRは(1)式で表わされる。

$$MR=\frac{C_A A_A}{C_f A_f}\sqrt{\frac{H_W \gamma_a}{(H_W-h_W)\gamma_f}} \quad \cdots\cdots(1)$$

ここに　C_A：　ベンチュリのど部空気流量係数

C_f：　MJの燃料流量係数

A_A：　ベンチュリのど部の有効通気断面積　(m^2)

A_f：　MJの断面積　(m^2)

H_W：　ベンチュリのど部と大気圧との差に相当する水頭　(m)

h：　浮子室内油面から主噴出口までの高さの差　(m)

$h_W=h\cdot\gamma_f/\gamma_W$：　hに相当する水頭　(m)

γ_a：　ベンチュリのど部通過空気の比重量　(kg/m^3)

γ_f：　燃料の比重量　(kg/m^3)

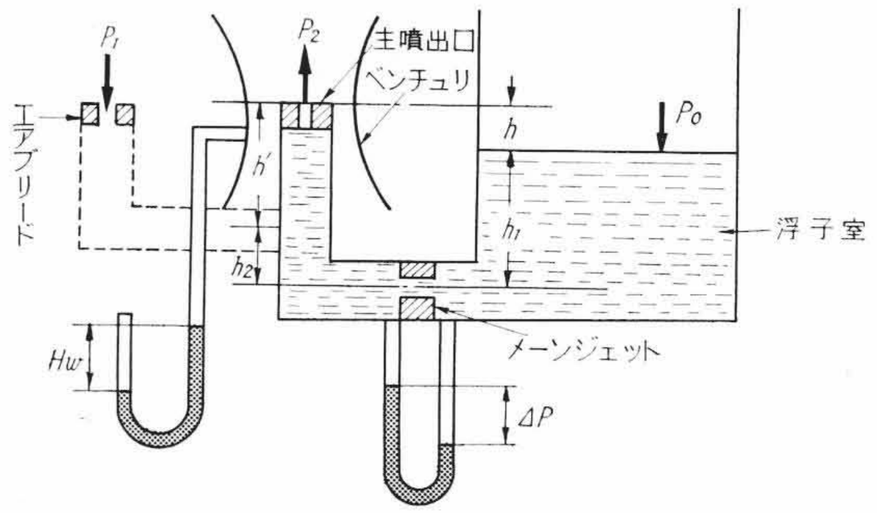
(1)式はH_Wの増加に従ってMR小すなわち濃混合気になることを示すが，これに対して田中氏[2]はエアブリードのある場合の混合比MRは(2)式によって表わされるとしている。

$$MR=\frac{C_A A_A}{C_f A_f}\sqrt{\frac{H_W\cdot\gamma_a}{\{H_W\gamma_W-h'\gamma_m+(h-h')\gamma_f\}\gamma_f}} \quad \cdots\cdots(2)$$

ここに　γ_m：　燃料と空気の混合物の見かけの比重量　(kg/m^3)

h'：　空気導入口から主噴出口までの高さ　(m)

すなわち，(2)式において，エアブリードからの導入空気は



第3図　主燃料系統図

$$h'\gamma_m=(h'-h)\gamma_f \quad \cdots\cdots(3)$$

(3)式が成立するように作用することによって，H_Wに関係なく混合比MRが一定となるものとしている。

（2）　燃料の微粒化

主噴出管内の燃料はエアブリードからの導入空気と混ざって気液混合物となり，燃料に噴出方向の速度を与え，主噴出管の壁面に沿うことを避けて微粒化を良好ならしめる[3]。しかして石神，田中氏ら[7]によると，導入空気流量と燃料の微粒化特性の関係については，導入空気流量のある一定の値で微粒群の平均粒径が極小になると報告されている。

（3）　主燃料の噴出様式

主燃料中にMABから適当量の空気を導入することによって，エマルジョン流が得られ，この場合には主噴出口から良好な一様噴出流が得られるとされている[8]。しかしながら，ジェットとエアブリードの一定の組み合わせにおいて，エンジンのすべての運転範囲にわたってエマルジョン流を持続することは困難で，ある条件においては他の流動様式となって，主噴出口部において燃料が脈打噴出をなすものと考えられる。

3.　実験装置ならびに実験方法

気化器をエンジンまたはコックス気化器テストスタンドに装着して運転し，脈動気流あるいは定常ベンチュリ気流を与えた場合について，MABの大きさを変えて実験し，この間における主噴出管からの燃料の噴出状況を観測すると同時に，エアブリードからの導入空気流量を測定した。

3.1　実　験　装　置

3.1.1　脈打様式の観察撮影

（1）　エンジン試験装置

気化器をエンジンに装着し，電気動力計に直結して種々の条件で運転した場合のエンジン性能を測定すると同時に，主燃料が作動しはじめてからのちの主噴出管からの燃料噴出状況を観察するために500Wの照明灯4個を主噴出口部に照射して，目視によりあるいは必要に応じて高速ストロボ装置，高速度カメラを用いた。

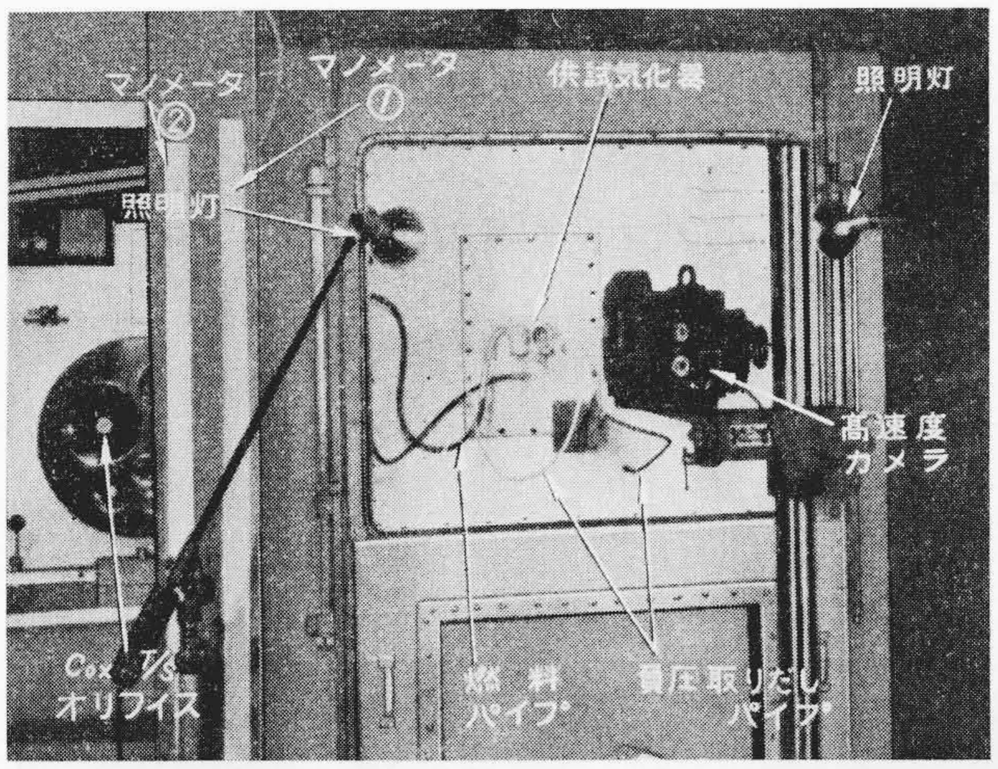
（2）　コックス気化器テストスタンド　(Cox Carburetter Test Stand)

気化器に対して，エンジンの場合の脈動気流と異なり，定常ベンチュリ気流によってエンジンの各条件に相当する負荷条件を与える装置で，測定精度が非常に高い。本装置による試験状況を**第4図**に示すが，その詳細はすでに報告されている[9]ので説明を省略する。

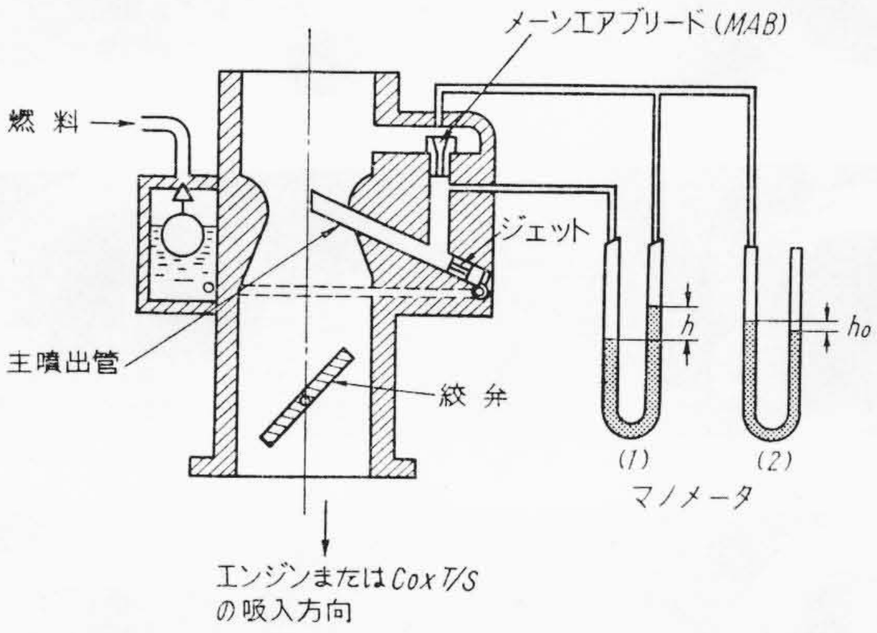
（3）　観測撮影装置

（a）　高速ストロボ装置

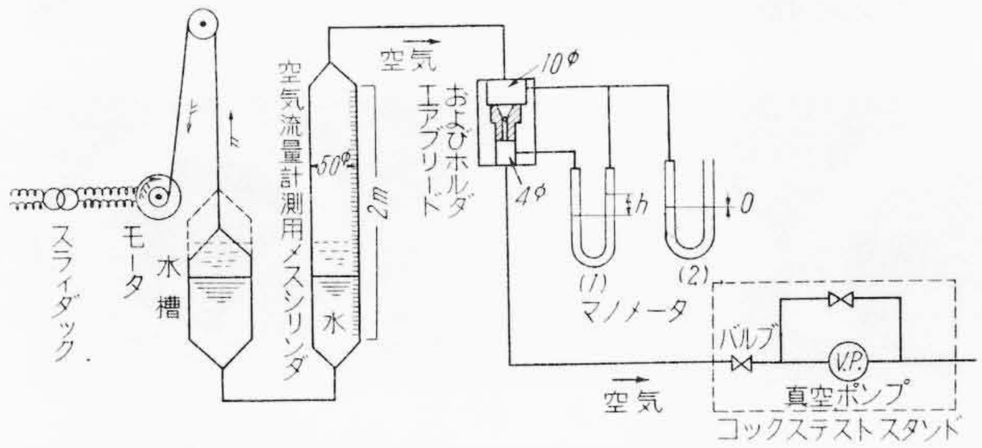
菅原研究所製，S-12形，サイクル：4.2～285 c/s可変，せん光時間 30 μs



第4図　Cox T/S における実験状況



第5図　MAB 前後差圧の取出方法
(下向ストロンバーグ式の場合)



第6図　MAB 流量係数測定装置

(b)　高速度カメラ

Beckman & Whitley 社製，最大撮影速度：3,300 こま/s，レンズ：コダック Cine Ekter 25 mm f/1.9，フィルム：コダック TXN 430　16 mm

3.1.2　メーンエアブリード導入空気流量測定

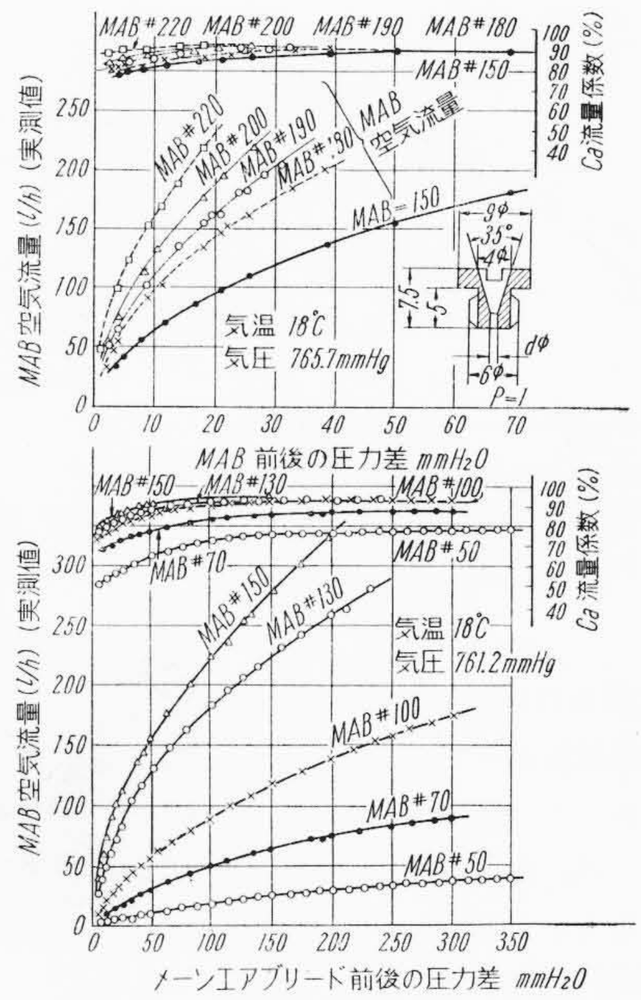
第5図に下向ストロンバーグ式の場合を一例として示すようにMABの前後にマノメータを設けて，その差圧を外径 1.5ϕ，内径 1.0 ϕ の細管により取出した。

一方，第6図に示すような流量係数測定装置を製作使用し，そのホルダに各寸法のエアブリードをそう入して，エアブリードの前後の差圧と，内容積 4 l (50 ϕ×2,000 mm)のメスシリンダ中に水槽から水を送り，エアブリードを通過する空気を Cox T/S に吸入させるようにして求めた空気流量との関係から，各エアブリードの各差圧における流量係数を第7図のようにあらかじめ求めておいた。

3.2　実験方法ならびに条件

3.2.1　実　験　条　件

気化器をエンジンに装着した場合には実用状態のままとし，



第7図　MAB 流量係数実測値

MABの大きさのみを変えて実験し，コックステストスタンドで実験する場合には，研究の対象を主燃料系統においているために低速燃料系統，補助燃料系統および加速ポンプ装置など主燃料系統以外はすべてふさいで実験に供した。

また気化器の全性能にわたる実験結果を述べることは煩雑となるので，以下には実際に自動車が走行する条件として，登坂力および加速力を表わす全開性能と，平地を通常の速度で走行する場合の負荷条件に相当し，主燃料系統の一般的作動状況を表わすに適当な吸気負圧 −300 mmHg 一定特性によって代表することにした。

3.2.2　MAB 導入空気流量測定法

MABをオリフィスとみなすと，これを通過する空気流量(容積) Q_a (m³/s) は次式により与えられる[10]。

$$Q_a = C_a A_a \sqrt{2gh\frac{\gamma_W}{\gamma_a}} \quad (\because\ G_a = \gamma \cdot Q_a) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (4)$$

ここに　G_a：MABを流れる空気流量（重量）　(kg/s)

C_a：MABの空気流量係数

A_a：MABの断面積$=(\pi/4)d^2$　(m²)

d：MABの直径　(m)

g：重力の加速度$=9.81$　(m/s²)

h：MAB前後の差圧に相当する水頭　(m)

γ_W：水の比重量　(kg/m³)

γ_a：大気の比重量　(kg/m³)

γ：MAB中を流れる空気の比重量　(kg/m³)

そこで(4)式に第5図の方法により読みとった h と，第6図の装置により求めておいた第7図の各エアブリードの各差圧における流量係数 C_a の値を代入することによって導入空気流量を求めた。

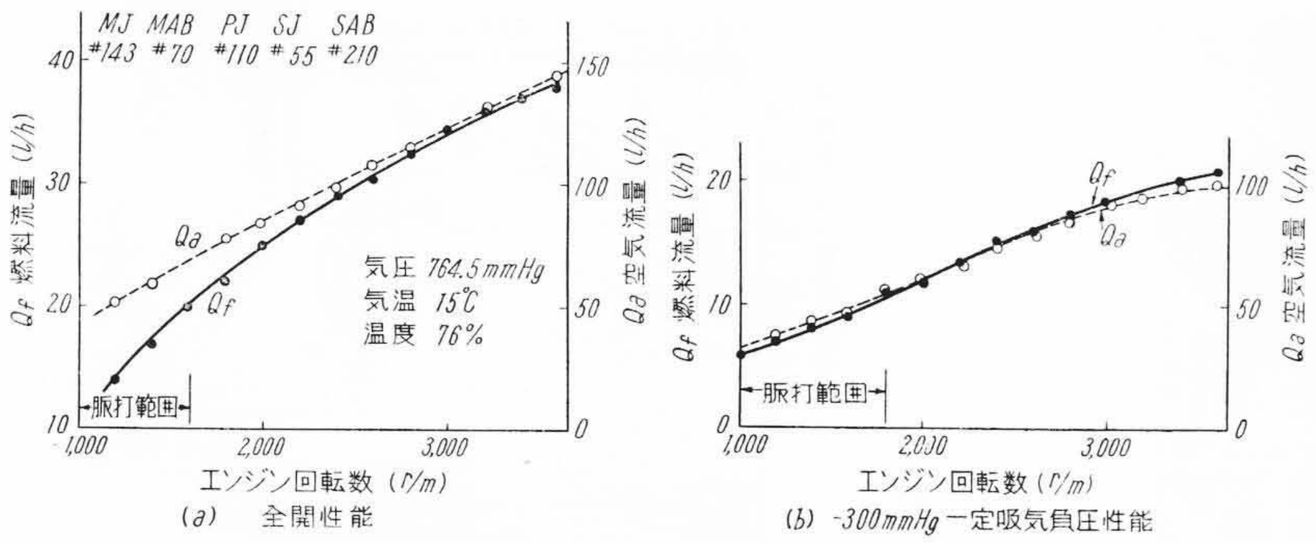
4.　実験結果とその検討

実験中の気化器のエアブリードの前後の差圧から導入空気流量 Q_a を求めると同時に，主噴出管からの燃料の噴出様式を各種気化器について観測した結果を次に述べる。

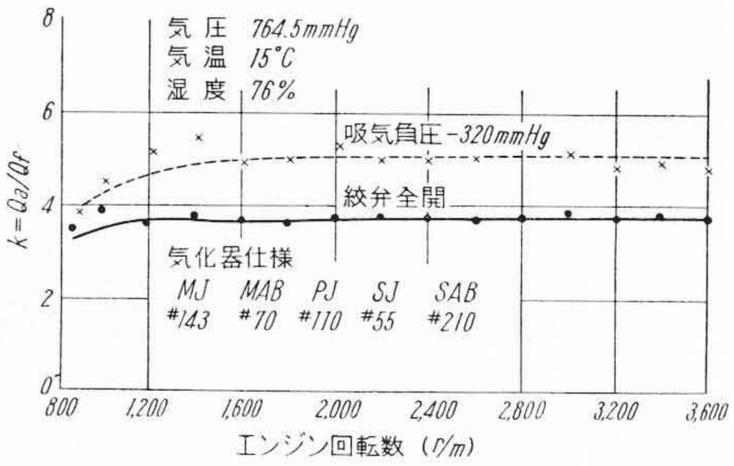
4.1　下向ストロンバーグ式気化器（口径 42 ϕ）の実験結果

4.1.1　エンジンによる実験結果

エンジンで諸性能を測定した結果を第8図に示す。(a)は全開



第8図　エンジン性能試験結果（下向ストロンバーグ式気化器）



第9図　エンジン回転数と k の関係
（下向ストロンバーグ式気化器）

性能，(b)は吸気負圧−300mmHg一定負荷性能試験結果である。これらの図において，脈打範囲と記入した部分では，燃料が脈打噴出をなしていることを示す。

(1)　空気燃料混合率 k の値

第8図(a)，(b)におけるMAB導入空気流量 Q_a と燃料流量 Q_f の容積比を空気燃料混合率 $k(=Q_a/Q_f)$ とし，第8図から求めた k を縦軸にとり，エンジン回転数を横軸として第9図に示す。

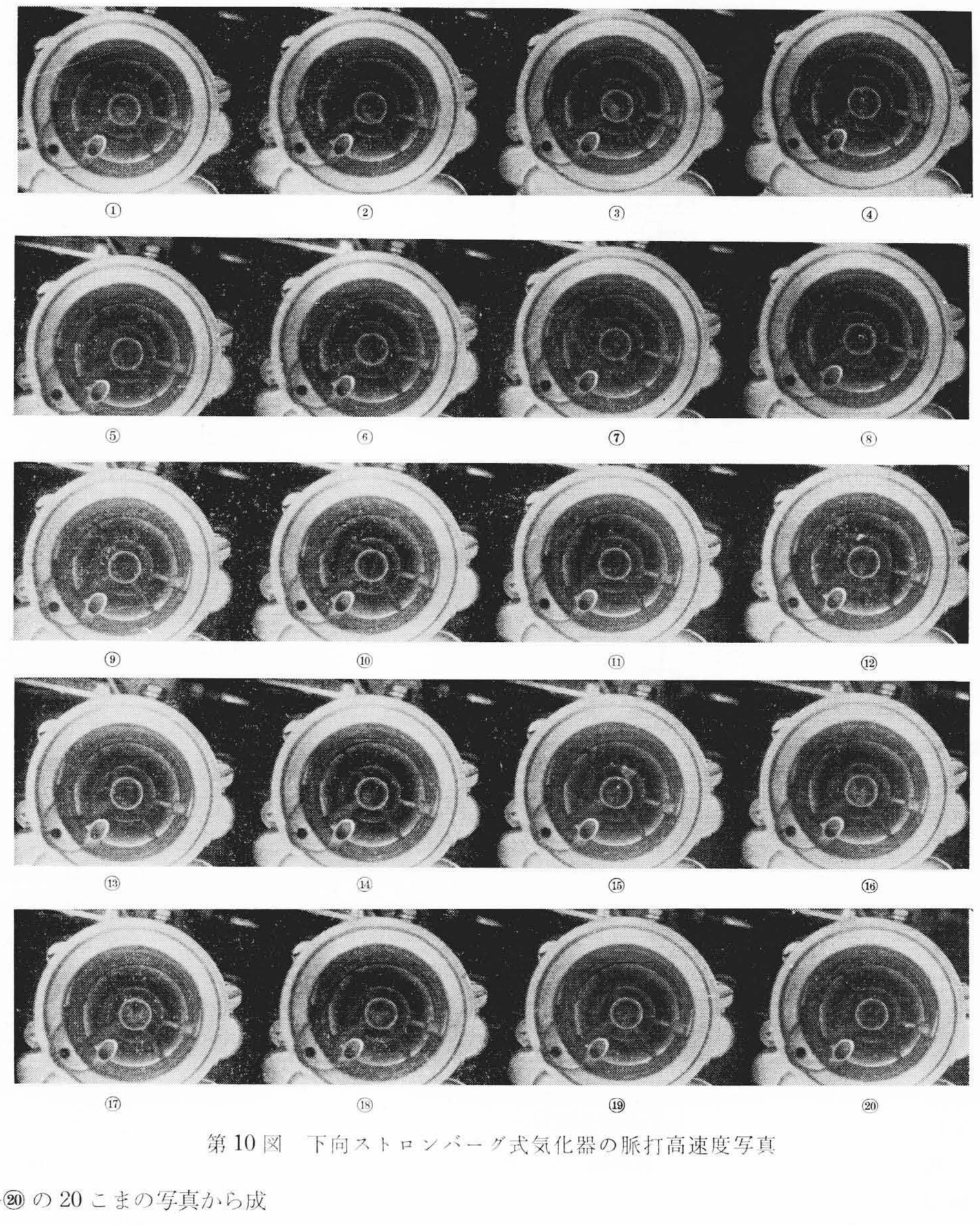
第9図より，飽和時における k の値を k_s とすると，全開運転時 $k_s=3.8$，吸気負圧−300mmHg一定運転時 $k_s=5.2$ である。両者における k_s の差は，全開運転時にパワージェットが作動して見かけの Q_f が大となったために生じたものである。

(2)　主燃料脈打噴出の観測結果

第8図において，エンジン運転中における脈打の目視および高速ストロボによる観測結果を脈打範囲として示したが，第10図の高速度写真に脈打状況がより明確にみられる。

第10図は吸気負荷　−460 mmHg，気化器絞弁開度10°，撮影速度を100こま/sにして撮影した100フィート連続写真の中から，脈打の任意の1サイクルを抜萃したものである。この1サイクルは①～⑳の20こまの写真から成り，燃料の噴出程度は，①は微量，②，③は中程度，③から⑧に向って減少し，⑨～⑪の間においてはほとんど噴出が停止している。⑫からふたたび噴出を始め，⑫～⑮では微量，⑯は中程度，⑰においてこのサイクル中の最大噴出量に達し，⑱から⑳へと漸減して①の状態にもどる状況がみられる。このサイクルは20こまで，周期は約0.15秒であったが，他のサイクルでは異なっており，この運転条件における脈打の周期は一定せず，0.1～0.2秒の範囲にわたっていた。

以上のように一定条件で運転している場合，脈打現象が発生すると，エンジンの回転が不安定になりがちで，この状態から円滑な運転をうるためには，燃料を余分に供給する必要がある。



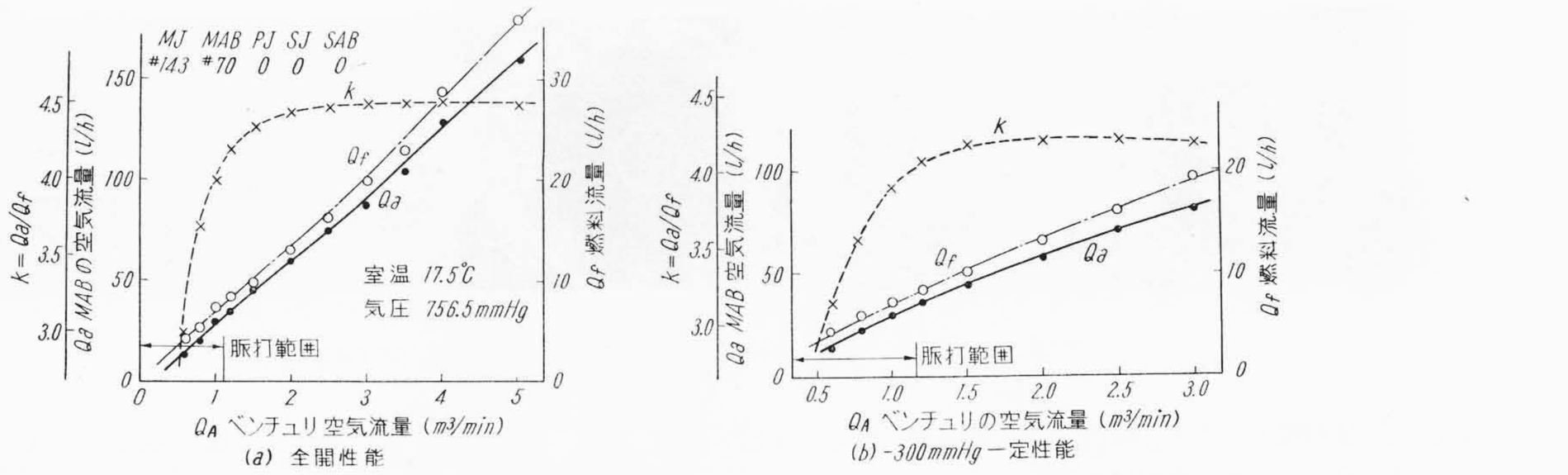
第10図　下向ストロンバーグ式気化器の脈打高速度写真

4.1.2　コックステストスタンドによる実験結果

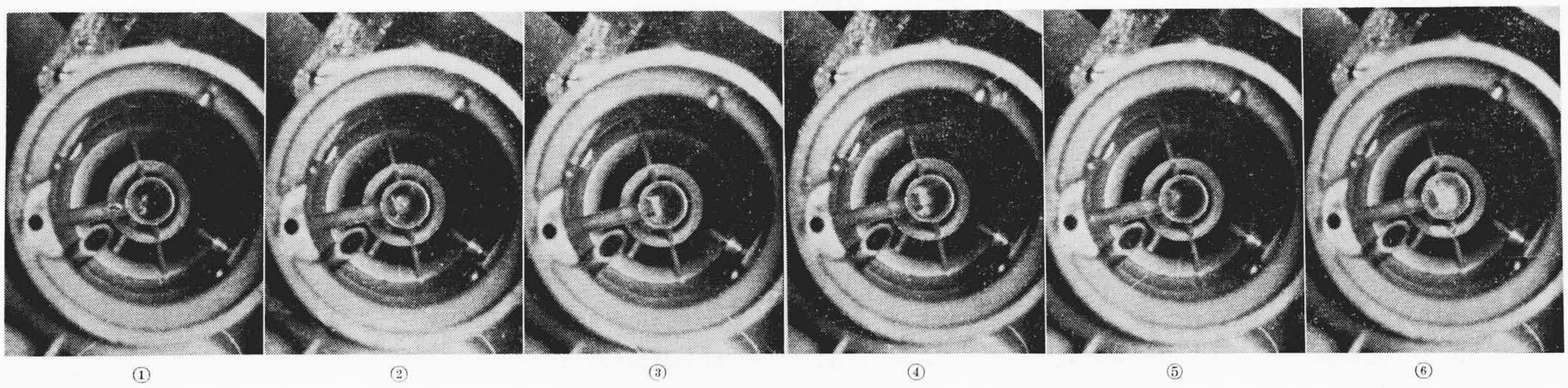
次にCox T/Sにおいて，気化器はまず実用状態のままで運転して，エンジンの場合と同様な脈打があることを確かめ，次いで主燃料系統のみの状況を詳細に調べた。

(1)　k の測定

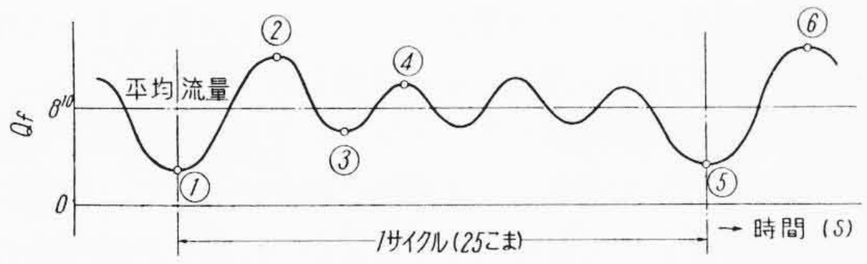
第11図は，(a)絞弁全開時，(b)吸気負圧 −300 mmHg 一定負荷時でベンチュリ空気流量 Q_A (m^3/min) における主燃料系統のみとした場合の実験結果を示す。全開時 $k_s=4.5$，−300mmHg一定時 $k_s=4.2$ である。この差は，部分負荷時にはベンチュリ気流が絞弁の影響を受けて流れが偏向させられたために生ずると考えられる。



第11図　Cox T/S による性能試験結果（下向ストロンバーグ式気化器）



第12図　下向ストロンバーグ式気化器の脈打状況（高速度写真の抜萃）



第13図　脈打の模型図

（2）　脈打状況の観測結果

第12図は次の条件において撮影した高速度写真の1サイクル25こま中，**第13図**に模型的に示した①～⑥の6点を抜萃したもので，この1サイクルの周期は0.056 s であった。

撮影条件　吸気負圧−300 mmHg 一定，$Q_A=1.2\ m^3/min$,

$Q_a=35\ l/h$,　$Q_f=8.1\ l/h$,　450 こま/s

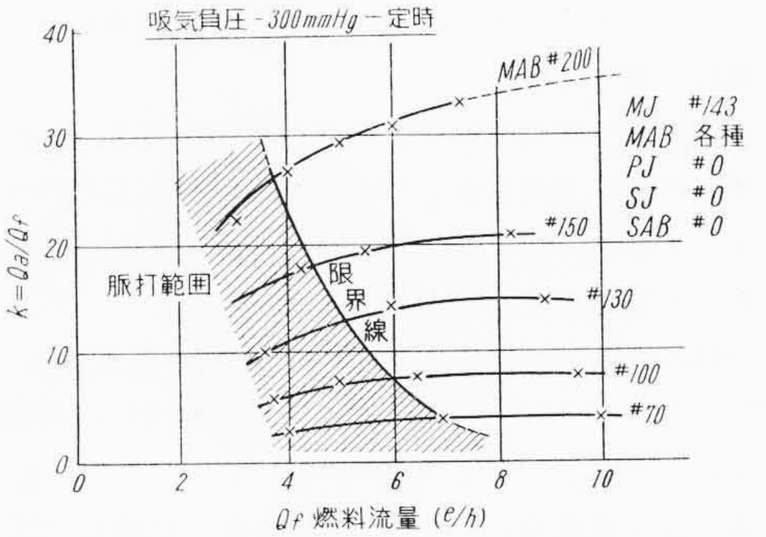
この場合もエンジンの場合と同様に，明らかに噴出燃料の濃淡がみられ，連続写真の結果から各サイクルの周期は一定していないことが示された。

（3）　MAB の影響

次に MAB の大きさを変えて，Q_A に対する Q_a，Q_f を測定し，k を求めるとともに，主燃料の脈打状況を観察した結果を**第14図**に示す。図において，ハッチングを施した部分は脈打範囲を示すが，明らかに MAB の大きさおよび k によって脈打の範囲が変化している。ちなみにMABを#0とすると脈打はきわめて軽微で，目視ではほとんど認められない程度になった。これより，脈打が Q_a によって左右されることがわかる。

4.2　下向ソレックス式気化器（口径 28 φ）の実験結果

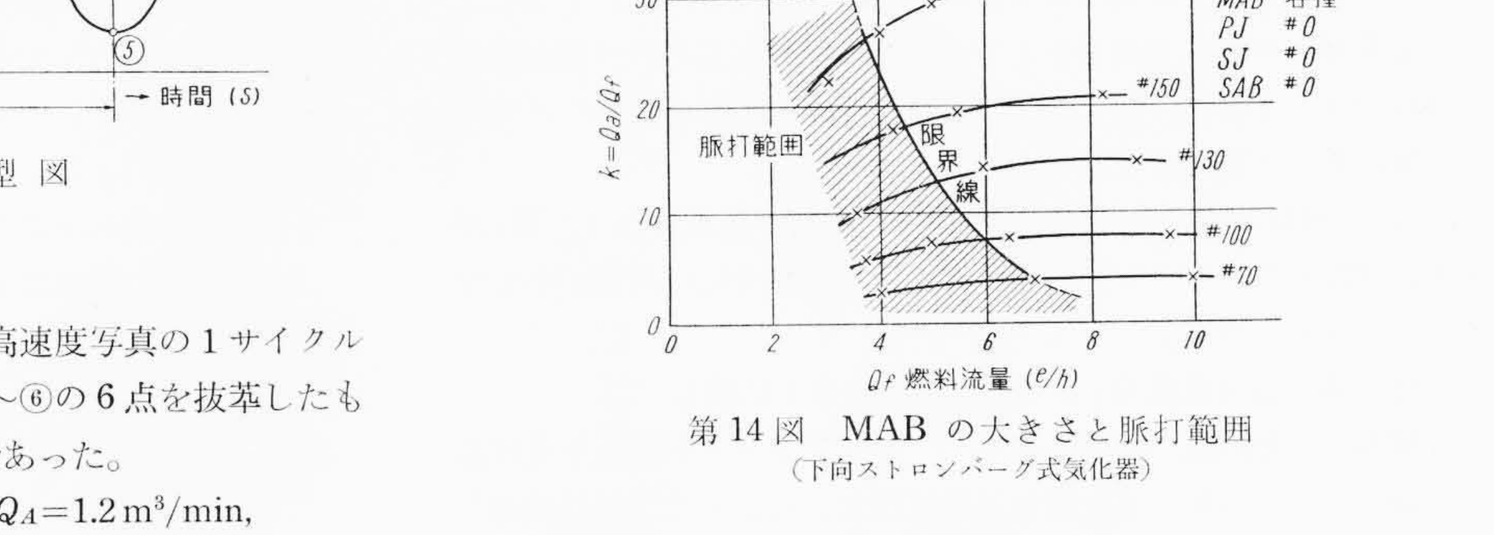
次に下向ソレックス式気化器について，Cox T/S にて吸気負圧−300 mmHg 一定時において，Q_A に対する Q_a，Q_f を測定し k を求めた結果，脈打は



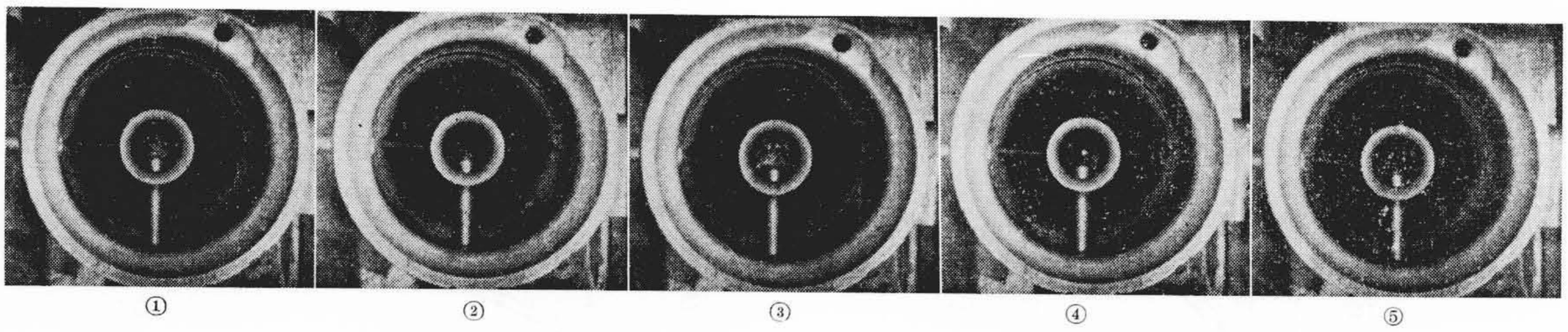
第14図　MAB の大きさと脈打範囲
（下向ストロンバーグ式気化器）

0.7 m³/min まで認められ，飽和後の k の値は $k_s=76$ に達した。これは**第1図**に示すように，MAB が大きく，しかも主噴出管の上端にあって，直接動圧を受けて Q_a が非常に導入されやすい形状になっているためである。

本気化器において，MJ #105，MAB #200，SJ そのほか #0，吸気圧 −50 mmHg，$Q_A=0.6\ m^3/min$，$Q_a=258\ l/h$，$Q_f=3.9\ l/h$，撮影速度 400 こま/sの高速度写真の1サイクル24こま中の代表的4こまを**第15図**に示す。写真の①，③では中程度，②では最大，④では微量噴出の状況がみられ，このサイクルの周期は 0.055 s である



第15図　下向ソレックス式気化器の脈打状況（高速度写真の抜萃）



①　②　③　④　⑤

第16図　横向通気式気化器の脈打状況（高速度写真の抜萃）

が一定せず，MAB#0とすると脈打が非常に軽微になることは下向ストロンバーグ式の場合と同様であった。

4.3　横向通気式気化器（口径 35φ）の試験結果

Cox T/S における −300 mmHg 一定特性で脈打の限界は $Q_A=1.0\ m^3/min$, $k=2.0$ である。また飽和後の k は $k_s=2.75$ であって非常に小である。これは本気化器は導入空気の通気抵抗が大きくかつ静圧のみを受ける構造になっているためである。

いま吸気負圧 −165 mmHg, $Q_A=0.8\ m^3/min$, $Q_a=5.6\ l/h$, $Q_f=3.9\ l/h$ において，MJ#140，MAB#70 の場合の高速度写真の抜粋を第16図に示す。噴出量は，①，②において中程度，③において最大瞬間噴出，④ではふたたび中程度，⑤ではほとんど噴出停止の状況がみられる。

他の種々の気化器についても同様に脈打状況がみられ，k_s の値は機種によって相違していることが明らかになった。

4.4　結果の検討

以上のエンジンおよび Cox T/S による実験結果から

（1）　脈打に関しては

エンジンにより脈動ベンチュリ気流を与えても，Cox T/Sにより定常ベンチュリ気流を与えても同様に脈打が見られ，MAB#0 ($Q_a=0$) とすると，どの機種でも目視ではほとんど認められない程度に脈打が軽微となることが確かめられた。

また一般に，Q_f が大となるに従って脈打が軽微となり，Q_A が大，すなわちベンチュリ気流流速が大なる場合には周期が小となることがわかった。

（2）　導入空気流量 Q_a と空気燃料混合率 k に関しては

MAB の大きさ，空気導入方式，エアブリードが動圧を受けるか静圧を受けるか，また空気通路抵抗などによって大幅に相違しており，これに伴って主噴出管内の気液混合物の流動様式も気泡流から環状流まで種々の流動様式をもつと考えられる。

各形式気化器の k の飽和値 k_s の測定値を第1表に示す。このように k_s は，小なるものは横向通気式の $k_s=2.75$ から大なるものは下向ソレックス式の $k_s=76$ までにわたっている現状が明らかになった。これより主噴出管内に生成する気液混合物のすべてにエマルジョン流を期待することはできないことがわかる。

第1表　実用気化器の Q_a および k_s の実測値

気化器形式	口径 (mmφ)	Q_a (l/h)	k_s	実験装置および条件
下向ストロンバーグ式	42	190	3.8	エンジン　4/4　3,600 r/m
下向ストロンバーグ式	42	190	4.5	コックス　4/4　5.2 m³/min
下向ストロンバーグ式	42	80	4.5	コックス　吸気負圧 −300 mmHg　3.0 m³/min
下向ソレックス式	28	1,200	76.0	コックス　吸気負圧 −300 mmHg　1.8 m³/min
横向通気式（単口主噴出管）	35	25	2.75	コックス　吸気負圧 −300 mmHg　1.8 m³/min
横向通気式（多口主噴出管）	35	110	13.0	コックス　吸気負圧 −300 mmHg　1.8 m³/min

5.　結　　言

以上のおもなる結果を要約すると

（1）　実用気化器の MAB 導入空気流量は，気化器の構造仕様によって大差があり，空気燃料混合率 k は2～76にわたっている。これより主噴出管内の流動様式がエマルジョン流をすべての運転範囲にわたって持続し得ないことは明らかである。

（2）　気化器を脈動気流を伴うエンジンで運転しても，定常流を与える Cox T/S で運転しても同様に脈打が発生し，MAB#0とすると脈打がきわめて軽微になることから，主燃料噴出時の脈打は脈動気流によるものでなくエアブリードからの導入空気に起因することが明らかになった。

（3）　脈打の周期は Q_f 小なるとき大となり，Q_f が大になると周期は小となりついに連続流に見えるようになる。またベンチュリ風速が大なる場合にも周期が小となることが確認され，その周期は最大 0.2 s 程度に達する場合がある。

参　考　文　献

（1）　I. C. Lichty: Internal Combustion Engine, 204 (1939, McGraw-Hill Book Corp. Inc.)
（2）　田中：火花点火機関(熱機関体系) 5, 170 (昭31-4 山海堂)
（3）　棚沢：トヨタ技術 5, 331 (昭27-7)
（4）　伊藤：機学誌 22, 648 (昭31-9)
（5）　赤川：機学誌 23, 285 (昭32-4)
（6）　勝原：機械の研究 11, 263 (1959-2)
（7）　石神，田中：鹿児島大学工学部紀要 第8号, 16 (昭32-6)
（8）　山下：機学誌 1, 第1号, 第4号 (昭10)
（9）　宝諸，森，中川：自動車技術 14 (1960)
(10)　自動車技術会編：自動車工学ハンドブック 8-39 (1957)