U. D. C. 621. 43-46

気化器主噴出管内における単一空気噴口による生成気泡について

Grown Bubbles from Single Eruptive Hole in the Main Nozzle of the Carburettor

宝諸幸男* 高橋亨* 横田吉弘*
Yukio Hôsho Tôru Takahashi Yoshihiro Yokota

内容梗概

従来主噴出管内の流動様式としては，エマルジョン流が良好な気化器特性を与えるといわれている。かかるエマルジョン流とは密集した小気ほう(泡)流であるから，このような流動様式とするためにはまず一個の小気ほうをうる必要がある。そこで筆者らは，静止液槽および二次元透明模型気化器により，気化器に相当する実際的な規模において，小気ほうをうるための種々の要因を明らかにした。

1. 緒言

従来気化器においては，主噴出管内の流動様式をエマルジョン流とすることによって，良好な燃料微粒化特性と燃料噴出特性が得られるといわれており[1]，種々の液体についてエマルジョン流を得る方法が報告されている[2]~[4]が，ガソリン液中においてエマルジョン流を与える手段についてはまだ明確にされていない。

また，勝原氏ら[5]~[10]により，ボイラなどの罐水実験による太くかつ長い管内の気水二相流については多くの実験結果があるが，気化器の主噴出管の場合のように，細くかつ短い管内に空気噴口をもつ場合についてはまだ実験されていない。

そこで，筆者らは気化器の実際的な規模の範囲内において，静止液槽および透明二次元模型気化器により，単一空気噴口の場合についてエマルジョン流を得るための条件を求めた。

2. 実験方法

気化器主噴出管内において生成される気ほうは，空気噴口径 d_a，主噴出管内径 D，エアブリードからの導入空気流量 Q_a，燃料流量 Q_f，燃料流速 W_f などのほかに，気ほう相互間の干渉の影響を受けるものと考えられる。

そこではじめに静止液槽において，d_a，Q_a の影響を明らかにし，ついで透明二次元模型気化器において，おのおのの影響を確かめるとともに，気ほうの生成状況を高速度ストロボにより観察し，必要に応じて単せん光により瞬間写真を撮影した。

2.1 静止液槽実験

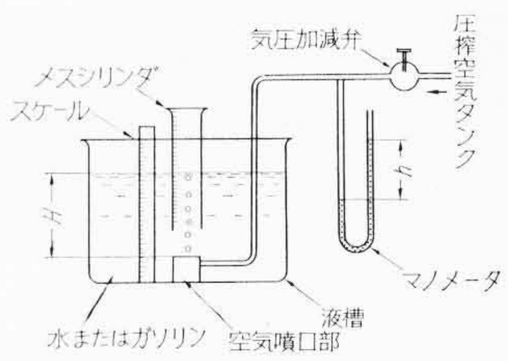
実験に使用した試験槽(一辺の長さ約300 mm)を第1図に示す。この槽の底部には第2図に示すような空気噴口を設けて，水またはガソリンを満たし，圧縮空気タンクから気圧加減弁を経て，空気噴口に種々の圧力の空気を供給することができるようにした。

槽の両側面はガラス張りとして，生成する気ほうを観測撮影した。気ほうの大きさは，噴口の上方にメスシリンダを倒立して置換法により約50個の気ほうを捕集し，その容積と気ほうの数から一個の気ほうの平均の大きさを求めた。Q_a の供給圧力は気圧加減弁によって調整し，マノメータの読み h を看視し，一方別に立てたスケールによって液深を測定した。

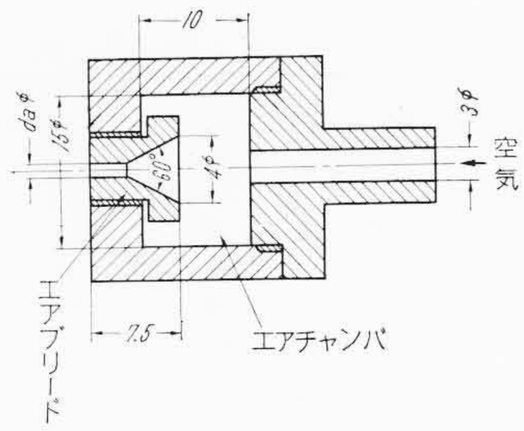
また実験に使用した空気噴口（気化器のエアブリードを使用）の形状寸法は，実用気化器に使用されているものと同一であり，なおその空気出口面を特に精密に仕上げて実験に供した。

2.2 透明二次元模型気化器による実験

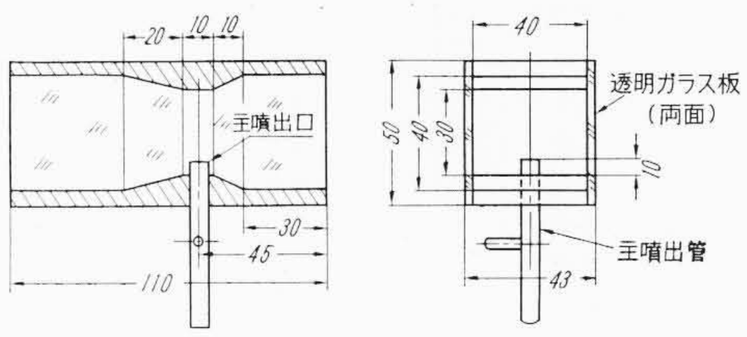
第3図に実験に使用した横向通気式透明二次元模型気化器の構造を示す。模型の両側面は平面ガラス張りとし，上下方向のみに絞りを与えて二次元のベンチュリとし，これに第4図に示すような透明アクリル管で製作した主噴出管を組み合わせて，第5図に示すように，この模型をコックス気化器テストスタンド（Cox Carburettor Test Stand）と導入空気流量測定装置の中間に配置して測定観測した。実験に供した主噴出管は，第1表に掲げた5種類で，これらにそれぞれ第2表に示す空気噴口を組み合わせ使用した。模型気化器の燃料油面と主噴出口までの高さの差は10 mm一定に保持した。



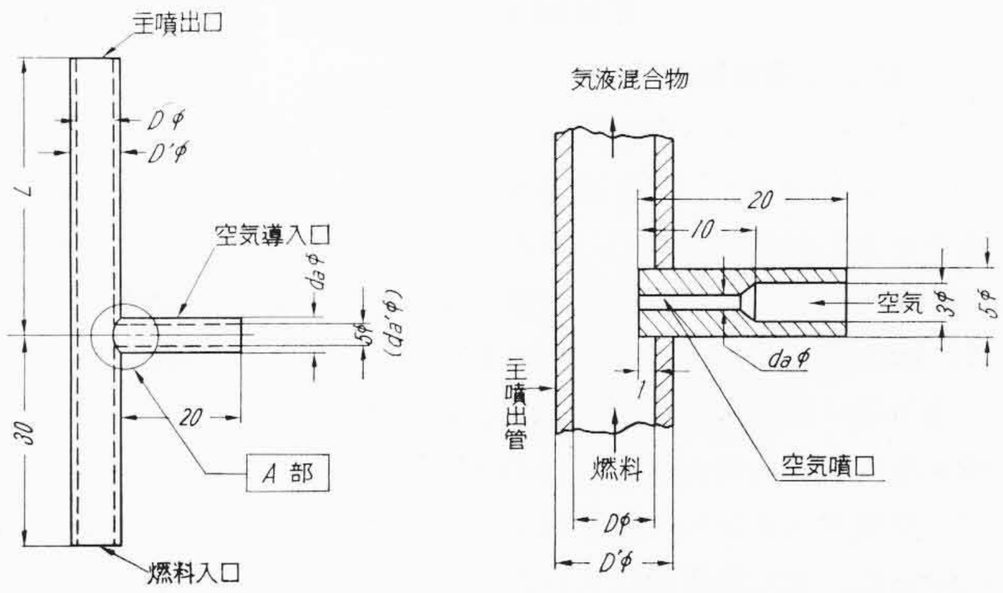
第1図 静止液槽実験装置



第2図 空気噴口部



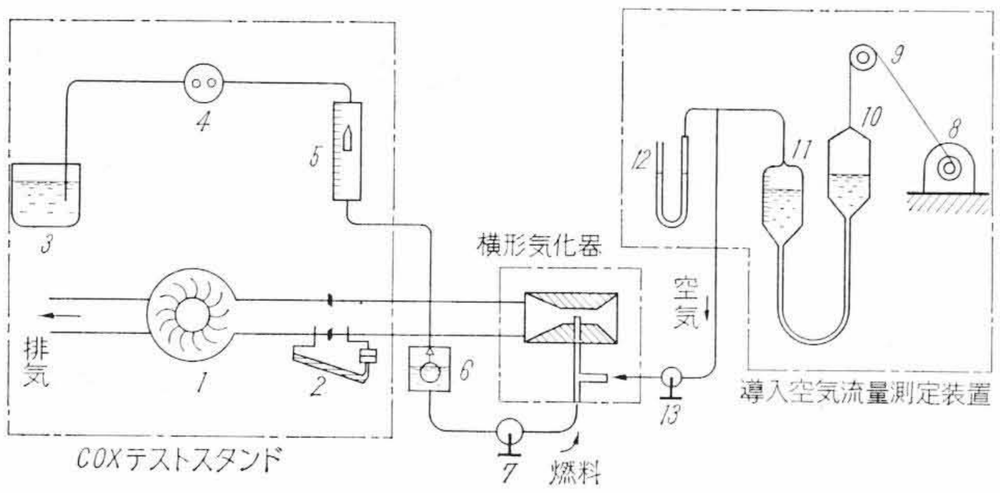
第3図 透明二次元模型気化器の構造



(a) 主噴出管　(b) 空気噴口部(A部詳細)

第4図 主噴出管の構造

* 日立製作所多賀工場



1 真空ポンプ　8 可変速モータ
2 空気流量計　9 滑車
3 燃料タンク　10 水槽
4 燃料ポンプ　11 導入空気流量測定用メスシリンダ
5 燃料流量計
6 浮予室　12 マノメータ
7 燃料流量調整器　13 導入空気流量調節器

第5図　実験装置の系統図

第1表　供試主噴出管

種類	内径 D mmφ	外径 D' mmφ	主噴出口から噴口までの距離 L mm
#1	3	5	45
#2	4	6	45
#3	6	8	45
#4	8	11	90
#5	12	16	180

第2表　空気噴口

種類	内径 d_a mmφ	外径 d_a' mmφ	材料
#1	0.3	5.0	真中
#2	0.5	5.0	真中
#3	1.0	5.0	真中
#4	1.5	5.0	真中
#5	2.0	5.0	真中
#6	3.0	5.0	アクリル

3. 実験結果とその検討

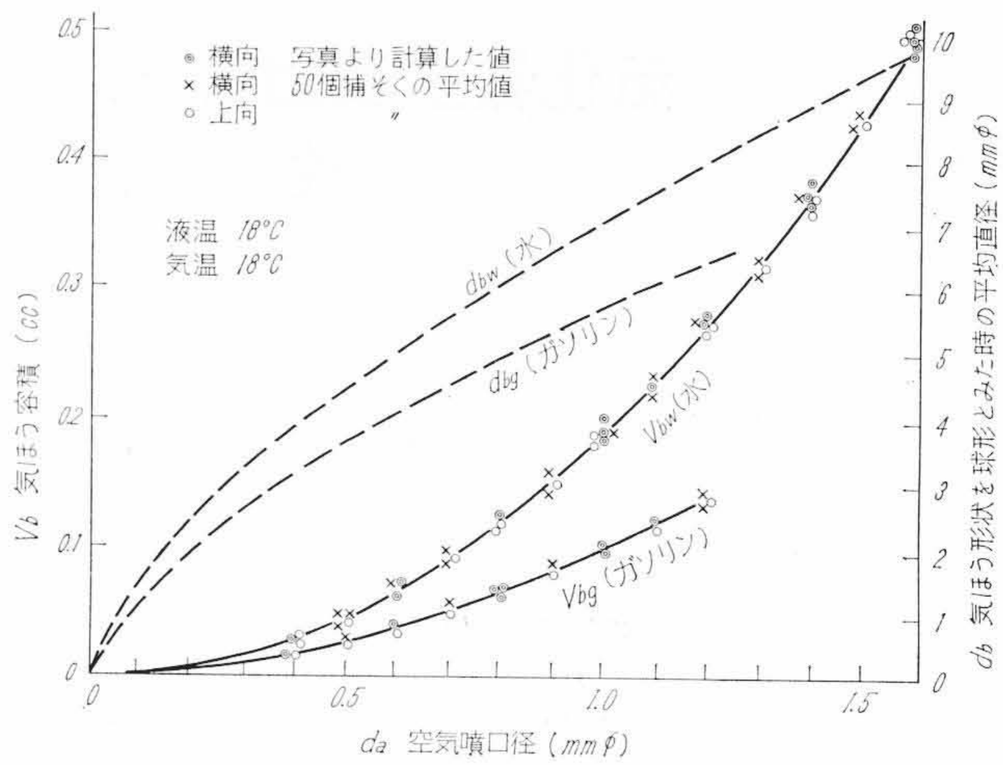
3.1 静止液槽実験結果

液体中に開口する空気噴口からの気ほうの生成状況については多くの研究結果[11]~[14]があるが，ガソリン中における気ほう実験結果をまだ知らないので，筆者らは気化器に適用される規模の範囲について，空気噴口径の影響を最も単純な条件で観察するために，**第1図**の装置により静止液中における気ほうを観測した。

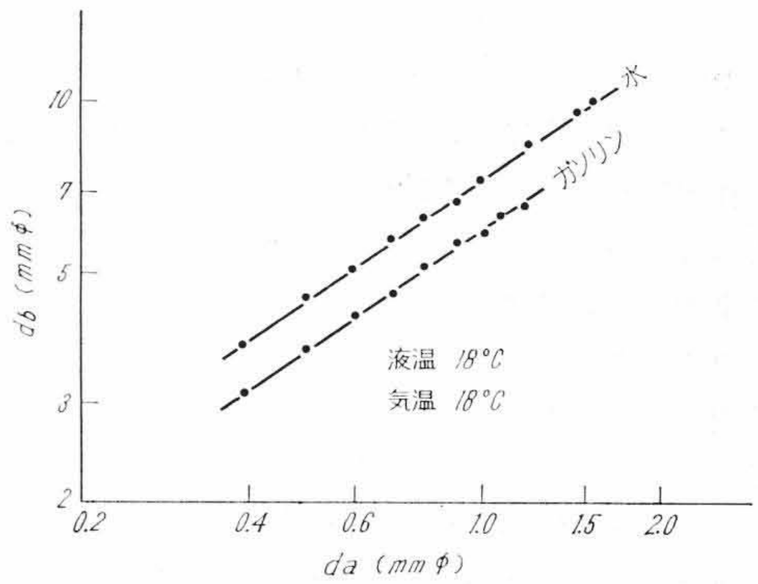
空気噴口部の構造は**第2図**に示すとおりで，エアチャンバの容積が生成気ほうの大きさおよび周期に影響すると考えられるので，空気タンクからの配管およびエアチャンバの容積は常に一定に保った。また使用液は水およびガソリンとし，液温は常に18±1℃に保持し，空気噴出方向は上向きおよび横向きとし，液深は $H=100\sim250$ mm，供給空気圧は $h=100\sim300$ mm H_2O の範囲に変化させ，かつ空気噴口径 $d_a=0.3\sim3.0\,\phi$ の各種について気ほう生成状況を観察するとともに，気ほうの平均直径を測定した。

これらの実験の結果，測定した範囲では液深 H の影響は無視し得る程度で，また空気圧 h は気ほう発生のサイクルに影響するが気ほうの大きさに対してはほとんど効果がみられなかった。観察の結果，生成気ほうは卵形ないし涙滴形から生長して分離浮上し，回転だ円体あるいはくらげ形などの複雑な形状をたどり螺旋(らせん)運動を行ないながら上昇する。

次に，H, h, d_a などを一定とし，噴出方向を上向きおよび横向きとした場合には，一個の気ほうの容積はほとんど変化せず，また液が水とガソリンの場合では明らかに水の場合のほうが気ほうが大であった。これは水とガソリンでは粘性，密度，表面張力などに相違があり，それに起因すると考えられる。



第6図　静止液中における気ほうの大きさと空気噴口径の関係



第7図　静止液中における d_b と d_a の関係

さて，メスシリンダを用いて気ほうの平均の容積および直径を求め，また一方，数多くの写真に撮影した結果から図式的に気ほうの平均容積および直径を求めると両者の結果はほぼ一致する。これらの値を図示すると**第6図**のようになる。すなわち気ほうの容積は，ガソリンの場合が水の場合に比べて約1/2である。図において，破線は気ほうの平均直径を示したものである。

これらの結果は Krevelen 氏と Hoftizzer氏[13] らの示した水中に浮遊する気ほうの場合と異なり，気ほうが噴口を離脱する場合の形状，噴口のしめり具合などの影響を受けるので，以上の結果は気化器などの場合にのみ適用できるものであるが，これによって気化器の空気噴口における気ほうの生成過程を明らかにすることができた。

いま**第6図**の結果を両対数グラフにプロットすると，**第7図**のように水とガソリンとで平行二直線となる。これより，球形に換算した場合の平均気ほう直径 d_b と空気噴口径 d_a の関係は次のように求められる。

$$\left.\begin{aligned} d_b&=\log y \\ d_a&=\log x \end{aligned}\right\} \quad\cdots\cdots(1)$$

とおき，常数を a，b とすると**第7図**より

$$\log y=a\log x+b \quad\cdots\cdots(2)$$

一方**第7図**の各測定点から平均法により常数 a，b を求めると

$$a\fallingdotseq0.67\fallingdotseq\frac{2}{3}$$

$$b\fallingdotseq0.8544$$

よって(2)式から

$$\log y=\frac{2}{3}\log x+0.8544 \quad \cdots\cdots(2)'$$

これより d_a と d_b の間の実験式は次のとおりになる。

$$d_{bw}\fallingdotseq 7.2\,d_a^{\frac{2}{3}} \text{（水の場合）} \cdots\cdots(3)$$

$$d_{bg}\fallingdotseq 5.8\,d_a^{\frac{2}{3}} \text{（ガソリンの場合）} \cdots\cdots(3)'$$

ここに，d_{bw} は水中にて，また d_{bg} はガソリン中にて生成した気ほうを球に換算した場合の平均気ほう直径を示し，d_a, d_{bw}, d_{bg} の単位はいずれも mmϕ である。すなわち，水の場合もガソリンの場合も気ほうの直径は噴口径 d_a の 2/3 乗に比例し，その大きさは d_a が一定でも水の場合のほうが d_b が約 1.2 倍大となる。いま気ほう一個平均の容積をそれぞれ，水の場合 V_{bw} mm^3，ガソリンの場合 V_{bg} mm^3 とすると同様にして

$$\left.\begin{array}{ll} V_{bw}\fallingdotseq 1.9\times10^2\,d_a^2 & (\text{水}) \\ V_{bg}\fallingdotseq 1.0\times10^2\,d_a^2 & (\text{ガソリン}) \end{array}\right\} \cdots\cdots(4)$$

以上の結果から，小さい気ほうをうるためには，空気噴口径 d_a をできるだけ小さくすることが有効であることが明らかになった。

3.2　透明二次元模型気化器実験結果

主噴出管内に生成する気ほうは静止液槽の場合と次の条件を異にする。

（1）　管壁の影響したがって管径の影響を受ける。

（2）　管内の流れを伴っているのでガソリンの流速の影響を受ける。

（3）　気ほうの密集による気ほう相互間の干渉も考慮する必要がある。

これらの条件を考えて単一空気噴口をもつ主噴出管について，その内径 D，空気噴口径 d_a と気ほうの直径 d_b との関係を求め，かつ気ほうの流動様式を観測撮影した。なお実験の条件としては主噴出口部において脈打がよく観測されるベンチュリ気流流速 W_v=25m/s 一定として実験した。

3.2.1　主噴出管内径 D と気ほう

（1）　気ほうの観察撮影

d_a=0.5 ϕ 一定として第 5 図の装置により，D=3.0～12.0mmϕ の各主噴出管について，Q_f, Q_a を変えて気ほうの生成状況を観察撮影した結果の一部を第 8 図に示す。

これらの観察の結果，（a）　D が小なるほど気ほう間隔が詰り，（b）　D が同一の場合には Q_f が大なるほど気ほうが小となり，その間隔は大となる。一方，（c）　Q_f が一定の場合には，気ほう流が持続する範囲では Q_a によって気ほうの大きさの変化はほとんどみられず，Q_a が大になると気ほうの密集度が増してくることがわかった。この理由は，D が小なることは一定の Q_a，Q_f に対して気液混合物の流速が大となり，また D が一定のとき Q_a，Q_f が増すとやはり気液混合物の流速が大となるので等価的な関係とみてよい。

また流速が大になると気ほうが小となる理由は，空気噴口部に対する気ほう膜の表面張力に対して気ほうによる浮力のほかにガソリンの流れによる動圧が加わり，噴口部からはやく気ほうが引きちぎられることによるものである。

（2）　気ほうの大きさの測定

第 8 図にその一部を示すような多くの写真から，次に述べるようにガソリン液およびアクリル管の曲がりによる補正を加えて気ほうの大きさを測定した。

（a）　ひずみの補正

管壁およびガソリン液によるひずみの補正のため，第 9 図に示すように，3.6 ϕ の鋼球に細い針金を溶接し，ガソリンを満たした各アクリル管にそう入して求めた補正率 ε は，横方向で D=6 ϕ のとき $\varepsilon\fallingdotseq$1.55，$D$=12 ϕ のとき $\varepsilon\fallingdotseq$1.4 で，縦方向はほとんど実寸のままであった。このようにして実験に使用した各主噴出管について ε を求め，さらに鋼球をつるす位置を管内の中央にするかあるいは端のほうにするかによって ε が異なるので，これらの各位置について補正率 ε をあらかじめ定めておいた。

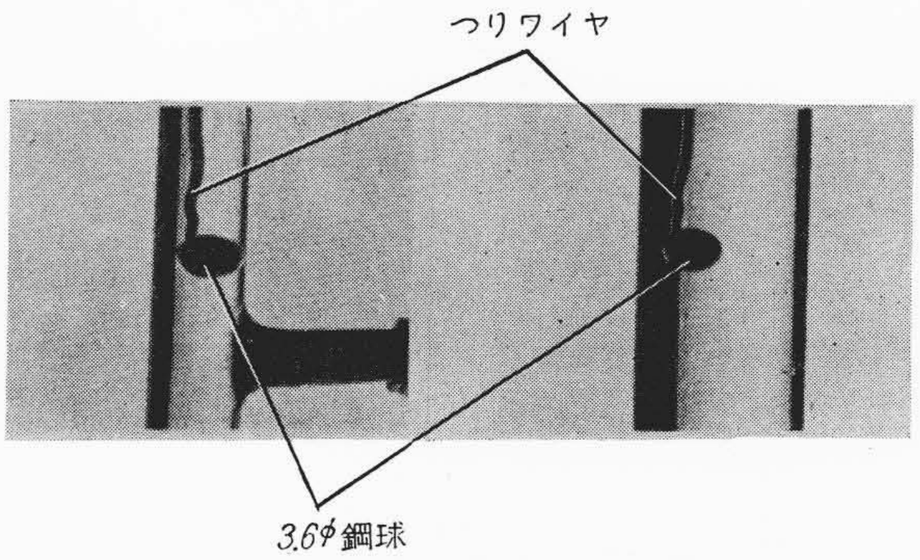
（b）　気ほうの大きさの測定結果

第 8 図に一部を示すような多くの写真の個々の気ほうに対して前述の補正を行ない，各主噴出管内における気ほうの大きさを球形に換算したときの直径 d_b として求め，第 10 図に示すように片対数グラフにプロットすると，D=3～12 ϕ の範囲では D と d_b の関係はほぼ直線をなしている。この図に静止ガソリン中の測定値 d_b=3.7 ϕ をプロットすると図の右端の位置にあり，D=12 ϕ にて d_b がほぼ飽和値に達することがわかる。実用気化器では D=6 ϕ 以下で十分であるから，本実験の範囲で考えて差しつかえない。

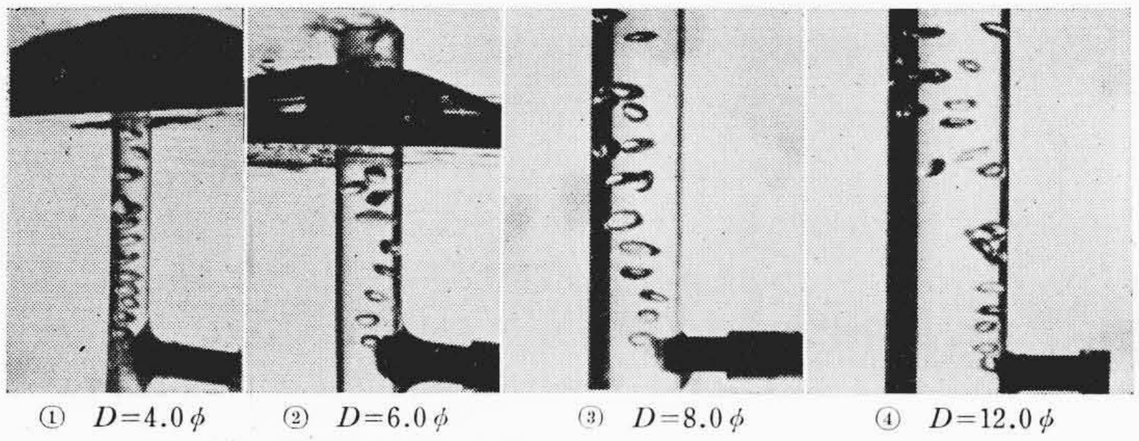
さて実用範囲における D と d_a の関係の実験式を求めると以下のとおりである。第 10 図の結果から

$$d_b=y$$

$$D=\log x=X$$



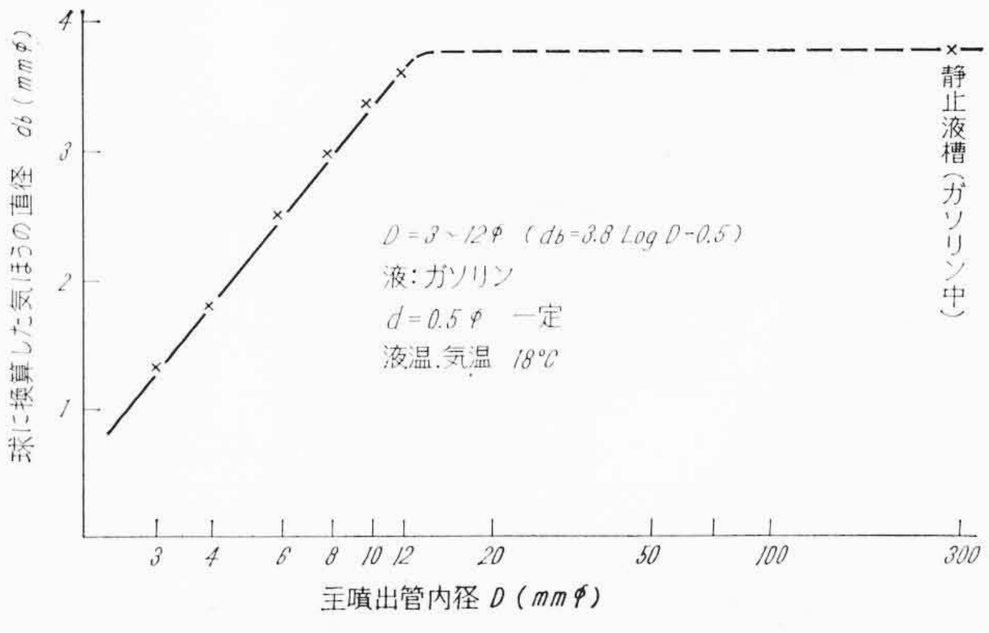
第 9 図　鋼球による管内ひずみ補正率の求め方



① D=4.0 ϕ　② D=6.0 ϕ　③ D=8.0 ϕ　④ D=12.0 ϕ

d_a=0.5 ϕ 一定，Q_f=5.5 l/h，Q_a=2.3 l/h 一定

第 8 図　主噴出口径 D と気ほう生成状況の関係



第 10 図　主噴出管内における D と d_b との関係

とおき，常数を c, d とすると

$y=cX+d$

第10図から c および d を求めると

$c \fallingdotseq 3.8,\quad d \fallingdotseq 0.5$

したがって，求むる実験式は(5)式のように与えられる。

$$d_b=3.8\log D-0.5 \quad \cdots\cdots(5)$$

ここに，

$d_a=0.5\,\phi$ 一定，$D=3\sim12\,\phi$

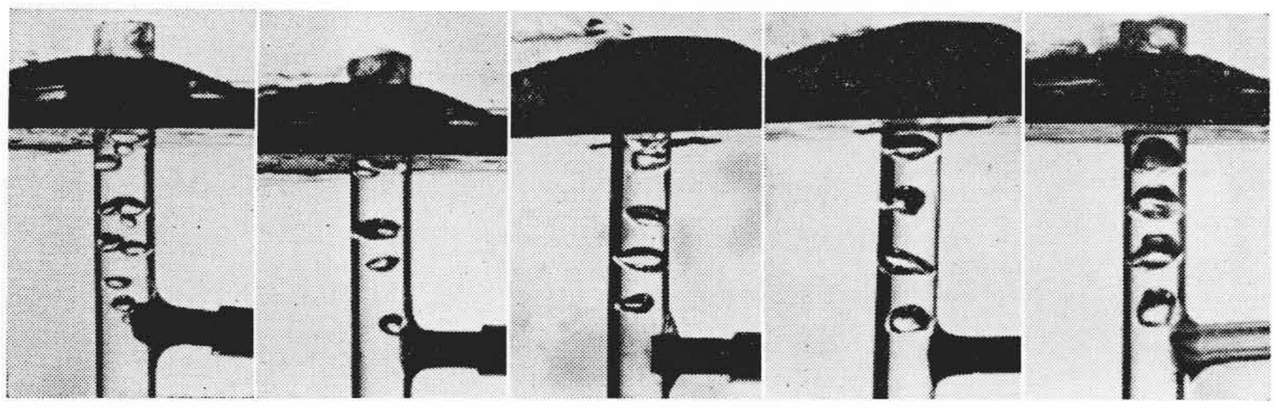
単位　D, d_a, d_b：　mmϕ

(5)式から，主噴出管内において小気ほうをうるためには D を小にすることが望ましく，また気ほうを密集せしめるにも D が小なるほうが有利である。

3.2.2　空気噴口径 d_a と気ほう直径 d_b の関係

(1)　気ほうの観察

$D=6.0\,\phi$ 一定とし，$d_a=0.3\sim3.0\,\phi$ の範囲において Q_a, Q_f を変えた場合の気ほう生成状況を観察撮影した結果の一部を**第11図**に示す。図において，$Q_f=2.6\,l/\mathrm{h}$，$Q_a=2.3\,l/\mathrm{h}$ 一定の場合，d_a の変化によって生成気ほうの大きさ d_b の変化の状況が明らかに見られる。また生成気ほうの形状は d_a が小さいときは卵形かほぼ球形に近く，上昇の過程においてもその形状の変化があまりみられず，小気ほうが密集した形になる。一方 d_a が大となるにしたがって密集度もまばらとなり，次第に上下方向につぶれる傾向がはげしくなり，$d_a=3.0\,\phi$ になると，静止ガソリン中を上昇する気ほうの形状変化の過程に近く，最初の涙滴形から上下につぶれた偏平状をなし，あるいはくらげ形をたどりながら上昇する。Q_a, Q_f を相当広範囲にかえてもこの経過をたどり，また Q_a，Q_f の変化による d_b の変化はほとんど認められなかった。



① $d_a=0.5\,\phi$　② $d_a=1.0\,\phi$　③ $d_a=1.5\,\phi$　④ $d_a=2.0\,\phi$　⑤ $d_a=3.0\,\phi$

$D=6\,\phi$ 一定，$Q_f=2.6\,l/\mathrm{h}$，$Q_a=2.3\,l/\mathrm{h}$ 一定

第11図　d_a と気ほう生成状況の関係

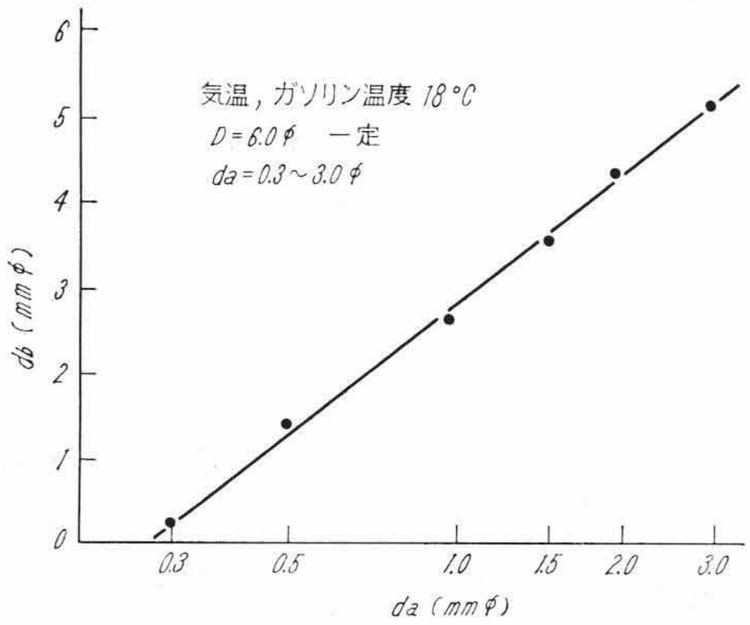
(2)　気ほうの大きさ測定

気ほうの平均直径 d_b を縦軸に，空気噴口径 d_a を横軸にとって片対数グラフにプロットして**第12図**に示す。図にみられるように，d_a と d_b の関係は Q_a，Q_f の変化にもかかわらず，片対数グラフ上ではほぼ直線をなしている。これにより実験式を求めると(6)式のようになる。

$$d_b=4.8\log d_a+2.8 \quad \cdots\cdots(6)$$

ここに，$D=6\,\phi$ 一定，$d_a=0.3\sim3.0\,\phi$ の範囲

(6)式から空気噴口径 d_a が小さくなると，気ほう直径 d_b が小となり，したがって気ほう流を得やすいことがわかる。



第12図　d_a と d_b の関係

3.2.3　気ほう流の限界

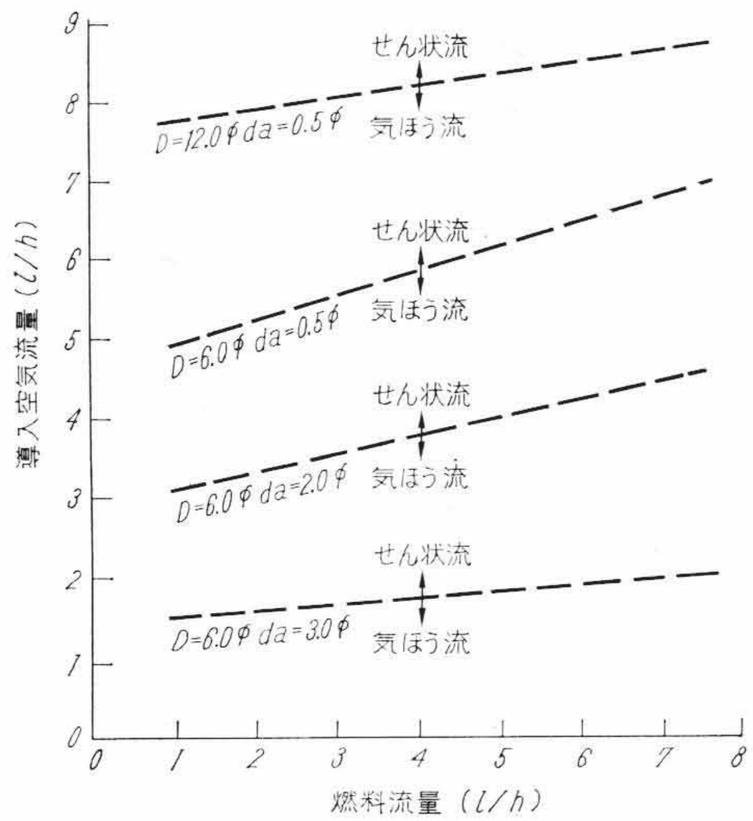
導入空気流量 Q_a をある限度以上に増すと，もはや気ほう流の状態を持続できないで，栓(せん)状流からさらにピストン流へと遷移する。これらの各流動様式に対応して主噴出口からの燃料の噴出様式が変化し，気ほう流の領域ではほとんど脈打のない一様噴出流となり，せん状流からピストン流に達するにしたがって燃料の噴出のむらがはげしくなり，脈打流となることが観察された。

これらの状況を明らかにするために，$D=6\,\phi$ および $12\,\phi$ の主噴出管について，d_a を $0.5\,\phi$，$2\,\phi$ および $3\,\phi$ とした場合 Q_a と Q_f をかえて，主噴出管内の流動様式が気ほう流からせん状流に遷移する限界を見出した結果を**第13図**に示す。図の各破線は気ほう流からせん状流への遷移の境界線を表わし，各線の下方は気ほう流領域でその上方はせん状流領域を示す。

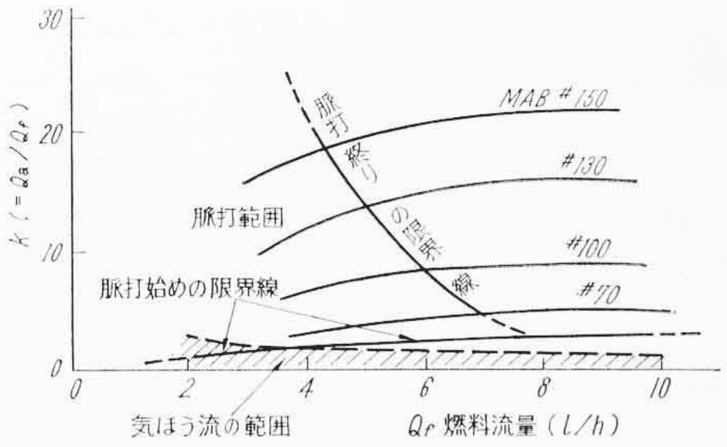
$D=6\,\phi$ の場合についてみると，$Q_f=4\,l/\mathrm{h}$ のとき $d_a=3.0\,\phi$ では $Q_a \fallingdotseq 1.8\,l/\mathrm{h}$ で気ほう流が終わり，$d_a=0.5\,\phi$ とすると $Q_a \fallingdotseq 6\,l/\mathrm{h}$ まで気ほう流の範囲に属する。すなわち，d_a が小なるほど Q_a の大なる範囲まで気ほう流の領域を持続し得ることが明らかである。次に，$D=6\,\phi$ と $D=12\,\phi$ の場合を比較すると，D が大なるほうが Q_a の大流量まで気ほう流を持続できることがみられる。また主噴出管内の気液二相の流速については，D が小なるほうが流速の大なる範囲まで気ほう流領域が持続する。

さて実用気化器では空燃混合比特性と燃料微粒化特性の両面からメーンエアブリードの選定が行なわれるが，主噴出管内の流動様式としては気ほう流領域の大なるほうが一様噴出流をうるために必要であるので，この見地から空気噴口径はできるだけ小さいほうが望ましいことが以上の実験によって明らかにされた。

いま横軸に燃料流量 Q_f をとり，縦軸に $k\,(=Q_a/Q_f)$ をとって，$D=6\,\phi$，$d_a=0.5\,\phi$ 一定としたときの気ほう流の範囲を**第13図**の結果からとってプロットすると**第14図**の点線で示すようになり，ハッチングを施した部分は気ほう流の領域で脈打のない一様な燃



第13図　気ほう流からせん状流への遷移点に対する d_a の影響



第14図　Q_a, Q_f の変化と気ほう流範囲

料噴出特性が得られる範囲を示す。

以上の結果から，実際の気化器において単一空気噴口をもつ混合管を備える場合には，気ほう流を持続して脈打のない噴出特性を持たせながら，燃料の微粒化をはかり，かつエアブリードによって混合比特性を調整しうる範囲は非常に狭いことが明らかになった。

4. 結　　言

以上に述べたような静止液槽と透明二次元模型気化器により，空気噴口径 d_a, 主噴出管内径 D などをかえて，生成気ほうの大きさおよび主噴出管内流動様式を観測した結果をまとめると次のとおりである。

(1)　気ほう生成の過程は，最初に卵形あるいは涙滴形をなし，これが回転だ円形，偏平につぶれた形，くらげ形などの形状をたどりながら上昇し，その大きさは液の種類，空気噴口径 (d_a)，主噴出管内径 (D) などの影響を顕著に受ける。

(2)　静止液槽において d_a と平均気ほう直径 (d_b) との間には次の実験式が成立する。

$$d_{bw}=7.2\,d_a^{\frac{2}{3}}\ \mathrm{mm}\phi \quad (\text{水})$$

$$d_{bg}=5.8\,d_a^{\frac{2}{3}}\ \mathrm{mm}\phi \quad (\text{ガソリン})$$

(3)　垂直主噴出管内を流動する気ほうの平均直径 d_b に対する D および d_a の影響はガソリン中にて次の実験式で与えられる。

D の影響　$d_b=3.8\log D-0.5\ \mathrm{mm}\phi$

ただし　$d_b=0.5\,\phi$ 一定，$D=3.0\sim12.0\,\phi$

d_a の影響　$d_b=4.8\log d_a+2.8\ \mathrm{mm}\phi$

ただし　$D=6\,\phi$ 一定，$d_a=0.3\sim3.0\,\phi$

(4)　気ほうの密集度は燃料流量 Q_f 小，導入空気流量 Q_a 大，d_a 小なるほど大となる。

(5)　気ほう流を持続する Q_a の範囲は Q_f が大なるほど，また d_a が小なるほど大きいことなどが明らかになった。

参　考　文　献

(1)　棚沢泰：トヨタ技術，Vol. 5, No. 11, p. 332 (昭27-11)

(2)　G. I. Taylor: The Formation of Emulsions in Definable Fields of Flow. Proc. Roy. Soc., Vol. 146, p. 501～523 (1934-5)

(3)　I. S. Hall & E. H. Dowson: Effect of Air Film in Emulsification. Industrial and Engineering Chem., Vol. 32, No. 3, p. 415～421 (1940-3)

(4)　Paul Becher: Emulsions Theory and Practice, Reinold Pub. Corp., (1937) 丸善 Reprint

(5)　勝原哲治：垂直上昇管内の気水混合物の流動様式，日本機械学会論文集，Vol. 25, No. 144, p. 618～624 (昭33-8)

(6)　赤川浩爾：気水混合物の流動，日本機械学会論文集，Vol. 23, No. 128, p. 285～298 (昭32-4)

(7)　伊藤茂：気ほうを含んだ液体の管内流動に関する研究(第3報)，日本機械学会論文集，Vol. 22, No. 12, p. 659～662 (昭31-9)

(8)　植田辰洋：気水混合流に関する研究，日本機械学会論文集，Vol. 23, No. 123, p. 553～561 (昭32-8)

(9)　津田政雄，多賀正夫：気水混合流の分岐合流について，日本機械学会論文集，Vol. 24, No. 144, p. 572～577 (昭33-8)

(10)　鳥飼欣一：沸騰バーンアウトの水力学的研究，日本原子力研究所研究報告，JAERT 1017, p. 6～7 (1961-1)

(11)　Naotsugu Issiki: Theoretical and Experimental Study on Atomization of Liquid in High Speed Gas Stream. Rept. of Transformation Tech. Research Institute Repts., No. 35 (1959-7)

(12)　谷下市松：液体中を進行する一粒の滴またはあわの安定(第1，2報)，日本機械学会論文集，Vol. 22, No. 96, p. 521～531 (昭29-2)

(13)　D. W. von Krevelen & P. J. Hoftizzer: Studies of Gas Bubble Formation. Chem, Engg. Progress., Vol. 46, No. 1, p. 29～35 (1950-1)

(14)　J. O. Hinze: Forced Deformations of Viscous Liquid Gloubles. Applied Scientific Research Section A., Vol. 1, p. 263～272 (1948)

第25巻　日　立　第2号

目　次

- 巻頭随筆“だいじな明かるさ”……蘆原英了
- 新清水火力発電所とわが国初のベンソンボイラ
- 世界最高の性能を誇る東海道新幹線用試作旅客電車
- 国土美化の新鋭機“道路用中形スイーパ”
- 軽量荷役作業の合理化に日立モートルブロック
- 極微の世界の神秘にいどむ最近の日立電子顕微鏡
- 標準化に成功した日立ハーメティックターボ冷凍機
- FM放送とFMラジオ
- 印刷文化のにない手日立の印刷インキ用合成樹脂
- 電線百話第26話「夢の超特急」用表面波レーダー
- 新しい照明施設「第3大手町ビルの照明」
- 読者の者「ラウド・ネス・コンペンセーターについて」
- 明日への道標「わが国最初の天然ガスを原料とするアセチレンおよびメタノール製造設備」
- 日立ハイライト「魅力のFMもきけるステレオの女王≪シンフォニカ≫」
- 日立だより

発行所　日立評論社　東京都千代田区丸の内1丁目4番地　振替口座 東京71824番

取次店　株式会社 オーム社書店　東京都千代田区神田錦町3丁目1番地　振替口座 東京20018番