石油機関の吸込管内における気化に対する混合気加熱の影響 (その 3)*

喜 多 野 晴 一**

Influence of Mixture Heating on the Vaporization of Fuel
Oil in the Suction Pipe of Kerosene Engine (Part 3)

by Seiichi KITANO

Varying the length of heater installed beyond the carburettor, the rate of vaporization of gas oil and the temperature rise of mixture in the suction pipe were studied experimentally.

On the other hand, the influence of the distance of heater from carburettor on the vaporization was also studied.

Thus, the following results were obtained under the condition of constant air velocity and fuel supply……

- (1) The rate of vaporization was almost proportional to the length of heater at equal wall temperature.
- (2) The temperature rise of mixture for the short heater was lower when the rate of vaporization was equal to the long heater.
- (3) Under equal heat supply, the short heater gave higher thermal efficiency of vaporization.
- (4) It was best to locate heater direct beyond the carburettor.
- (5) For separated heater, air swirl in the pipe was very effective.

1. 結 言

これまでは石油機関の吸込管内における燃料(軽油)の気化率, 気化効率その他を吸込管の一部に気化器のすぐ後に外側にニクロム線を巻いた加熱管を取り付けて, 管内風速, 燃料供給量, 加熱度(加熱管壁温度)を変化して, 送風機による連続気流中あるいはモータリング吸込みによる不連続気流中において実験的に研究した。しかし従来の実験においては加熱器の加熱面積および形状は一定であり, また加熱器の気化器に対する位置はきまっていた。

石油機関において給気を加熱する際問題となるのは吸込管内の気化率の大なることはもちろん, 熱経済の面からは気化効率のよいことが望ましく, また一方混合気の温度上昇をできるだけ小にして吸気量を減少せしめないことである。

この報告では加熱管の長さを変えて加熱面積を変え, また加熱器と気化器との相対的位置を変えて, これらが吸込管内の気化および混合気の温度上昇(吸込空気量)にどのような影響を与えるかを実験的に研究したのである。

2. 実験装置および方法

実験は次の二つに分かれる。

2・1 加熱面積を変化せる場合 この場合の実験装置の配置および実験方法は前回のもの⁽¹⁾とだいたい同じである。おもなる相異点は加熱器で, 加熱面積の影響を知るために最も実施しやすい形, すなわち直径は同一で管長だけを変えて直管(1 $\frac{1}{4}$ " ガス管)で S, L₁, L₂ の3種類を用いた。これらの寸法および形状を第1表, 第1図に示す。第1図の黒点の間隔は熱電対の取付け間隔を示すもので, 熱電対は水平の位置で片側に取り付けてあり, これら各点の示す温度の平均値をもって管壁温度とした。なお加熱管の前後の継手にはアスベストのガスケットを入れてできるだけ熱絶縁につとめた。

第 1 表

加熱管 名 称	管の内径 cm	管の外径 cm	管の長さ cm	加熱面積 cm ²	加熱面 積 比
S	3.57	4.27	9.4	105	1
L ₁	3.57	4.27	17.4	195	1.85
L ₂	3.57	4.27	29.8	337	3.17

送風機を用いた連続吸込みにおいては気化器の絞り弁は全開とし, 管内平均風速 v_a は 6, 11, 21 m/s に変化し, 燃料供給量 G_f は 0.6 g/s とした。ただし風速 6 m/s の場合は燃料供給量を 0.73, 0.6, 0.4 g/s (空燃比 σ それぞれ 10, 12.5, 19) の3とおりに変えた。またモータリングによる不連続吸込みのときはモータ

* 昭和32年1月26日(第4報), 関西支部講演会および昭和32年12月11日(第5報), 関西支部講演会において講演, 原稿受付 昭和32年6月27日。

** 正員, 大阪府立大学工学部(堺市百舌鳥東之町)。

第 1 図

で石油機関を回転し 機関の 毎分回転数は 570 であり (機関の正規毎分回転数 550), 絞り弁全開で $G_f = 0.6 \text{ g/s}$ ($\sigma = 11.6$), $G_f = 0.4 \text{ g/s}$ ($\sigma = 17.6$) の 2 種類で, この場合の吸込空気量から求めた吸込管内の平均風速は 5.6 m/s である. また絞り弁を狭めた状態すなわち絞り弁開度 $1/8$ で $G_f = 0.53 \text{ g/s}$ ($\sigma = 11.8$) でも実験を行った.

2.2 加熱器の位置を変化せる場合 この場合は加熱器としては S 管のみを用い, 気化器に対する加熱器の位置は気化器に直結, 25 cm 伸継管付, 50 cm 伸継管付の 3 とおりに変えた. 送風機を用いた連続流で, 絞り弁は全開とし, 管内平均風速は $7.5, 11, 21 \text{ m/s}$ に変化し, 燃料供給量は 0.6 g/s とした. 予備実験によって吸込管内に空気の旋回流が起きる場合があることがわかったので, 従来の気化器 (A 型) の他に第 2 図に示すような B 型気化器を用いた. 気化器からの距離による吸込管内の集滴率の変化を測るためには以前に使用したことのある集滴箱⁽²⁾を用いた.

また吸込管内の連続気流中の燃料油の流動状態を知るために気化器の直ぐ後に内径約 30 mm 長さ約 1 m

第 2 図

のガラス管を水平に取り付けて, 油の流動状態を肉眼で観察するとともに写真に撮影した.

以上の実験においては従来のように燃料供給量と気液分離器で分離された液状燃料との差をもって気化量とした.

3. 実験結果とその考察

送風機使用のときは記号 B を, モータリングのときは記号 M を用い, これらと使用加熱管との組合せにより BS, BL₁, BL₂; MS, ML₁, ML₂ の記号を用いることにする.

3.1 加熱面積と気化率 第 3 図 (a) (b) (c) は送風機吸込みの場合における加熱器管壁温度 t_w °C と吸込管内の気化率 α % との関係を表すもので, 風速および燃料供給量一定なときは常に加熱面積 (管長) 大なるものが加熱面積小なるものよりも気化率が大であり, 壁温が等しきときは一般的に気化率は加熱面積 (管長) にほぼ比例的に増加している.

これは風速, 燃料供給量, 壁温が等しければ単位加熱面積当りの気化量がだいたい等しくなるためであろう. なお従来の実験結果をも考え合わせれば風速, 管壁温度, 空燃比および加熱面積の大なるほど気化率は

第 3 図

第 4 図

大となる。

モータリング吸込みを行って実験してみたが送風機吸込みの場合とほぼ同様な結果が得られた。これを第4図(a)(b)に示す。

3・2 加熱面積と混合気の温度上昇 加熱面積と混合気の温度上昇との関係を調らべるに当って、簡単のため混合気を空気とみなし、対流伝熱のみを考えることにすれば次のようになる。

G_a : 空気流量, c_{pa} : 空気の比熱, t_{a1} , t_{a2} : 加熱器前後の空気温度, $\Delta t_a = t_{a2} - t_{a1}$: 給気の温度上昇, t_a :

平均空気温度, t_w : 壁温, F : 加熱面積, α : 熱伝達係数, d : 加熱管内径, v_a : 管内平均風速, γ_a : 空気の比重

$$\Delta t_a = \alpha F (t_w - t_a) / c_{pa} G_a$$

$$G_a = \pi d^2 v_a \gamma_a / 4, \quad \alpha = k \cdot v_a^{0.8} \text{ とすれば}$$

$$\Delta t_a = K \cdot F (t_w - t_a) / v_a^{0.2}$$

ここに

$$K = 4k / \pi d^2 \gamma_a c_{pa}$$

給気の温度上昇 Δt_a は F , v_a , $(t_w - t_a)$ に関係することがわかる。給気の温度上昇だけを小にするには風速は一定として加熱面積、壁温を小にすればよいのであるが、われわれの場合は同時に気化率の高いことも必要であるから、加熱面積を小にして壁温を大にするのと、加熱面積を大にして壁温を小にするのといずれが良いかが問題になるわけである。

第5図(a)(b)(c)は送風機使用の場合吸込管内を流れる混合気の温度上昇 Δt と気化率 x , 壁温 t_w との関係を示すものである。これらによれば同じ気化率をうるのに短管の方が温度上昇が長管より低くて済む、言い換えれば同じ温度上昇において短管の方が高い気化率が得られる。しかしこの際壁温は短管の方が高くせねばならない。

混合気を加熱する際その温度上昇が低いことは機関の吸気量の減り方の少いことを表わすとともにノッキ

第 5 図

第 6 図

第 7 図

ングも起し難くなるのだから、燃料の気化とともに機関にとってきわめてたいせつな事柄である。この目的に副うためには加熱面積を小にして（短管で）壁温を高めたほうが良いことになる。

第 6 図 (a) (b) はモータリングのときの実験結果で送風機使用のときと同様な傾向を示している。第 7 図 (a) (b) はモータリングで気化器の絞り弁開度を狭めたときと全開のときとの比較を示す。第 7 図 (a) によれば等しい空燃比および壁温では絞り弁を絞ったほうが気化率が低くなっている。これは従来から見られる傾向で絞り弁開度が小になると管内風速が低くなること、並びに空気流で粉碎された油粒が絞り弁に衝突して再び液状化して大部分が管壁に沿って流れるため、元来絞り弁開度小なときは管内の圧力降下が大になり気化に有利であるにもかかわらず、気化率が低下するものと考えられる。

第 7 図 (b) においては絞り弁開度小なるほうが等しい温度上昇に対して気化率が高くなっており、その代りその際の壁温は大分高くなっている。これは上述のように絞り弁を絞ると管壁に沿って流れる燃料の量が多くなるため同じ温度上昇 Δt に対して壁温 t_w を高めねばならないためであろう。

3・3 加熱面積と気化効率 第 8 図 (a) (b) (c) は送風機使用の場合加熱面積と気化効率 η_{va} との関係を表わすもので、同じ正味供給熱量 Q_n に対して短管の方が気化量が多い。すなわち気化効率の高いことを表わしている。これは v_a , G_f が一定するとき Q_n が同じであると短管の方が壁温がかなり高くなり、一方単位面積当りの気化量は壁温の上昇によって急速に増加するので全加熱面積当りの気化量が長管より多くなるためと考えられるのである。

3・4 送風機吸込みとモータリング吸込みとの比較 モータリングのときの吸込空気量から換算した管内平均風速は約 5.6 m/s である。それでモータリングのときの実験結果と、管内風速 6 m/s の送風機吸込みの

ときの実験結果を比較してみよう。

第 8 図

(1) 加熱面積および空燃比が等しければ、壁温と気化率との関係曲線は両者ほとんど一致する。このことは既に前回の報告 (その 2) で指摘したところであるが、加熱面積を変えても同じ傾向が得られた。

したがって送風機吸込みの実験結果から、それに対応する状態のモータリング吸込みのときの気化率を推定することができる。第 9 図 (a) (b) (c)

(2) 加熱面積および空燃比が等しければ、給気の温度上昇が等しいときは送風機吸込みの方が気化率が

第 9 図

第 10 図

大になる。しかし壁温は高くせねばならない。また同じ壁温ではモータリングのほうが混合気の温度上昇が大である。

これは平均風速は同じでも給気の流れの状態が一方は連続的であり他方は不連続的であるために熱伝達のように違ってくるためであろう。第 10 図(a)(b)(c)にこれらの状況を示す。

3・5 加熱器の位置を変化した場合 この実験に先立って A 型気化器を用い、連続吸込みで吸込管の長さによる集滴率の変化を常温において測定してみた。その結果を第 11 図に示す。この図によれば気化器の直後でも集滴率は相当の値に達し、それ以後は距離の

第 11 図

増加とともに漸増して行く。

またその他に絞り弁の開度を狭めると集滴率は気化器の直後から急激に増加し始めることがわかったが、これについての詳細はここに省略する。

以上のことから加熱器を気化器から離れた場合には、その距離によって管壁への油の付着状況が相異し、ために気化状況も相当変化するであろうことが推測されるのである。

第 12 図(a)(b)は A 型気化器を用いた場合壁温と気化率との関係を示す実験結果で、風速小なる(a)図では気化器の後に加熱器を直結した場合 I にくらべて、加熱器を気化器から離れた場合 II, III は著しく気化率が低下している。風速大なる(b)図では直結 I

でも離れた場合 II, III でも気化率に大差なく、むしろ遠く離れた方 III がやや良い結果を示している。加熱器の位置については第 11 図の上部を参照のこと。

これらの原因を探求するために気化器の直後にガラス管を取り付けて観察すると、低速の場合は気化器の出口から約 15 cm くらいは比較的厚い油膜が一樣に管壁に食付いているが、それ以後は油膜が薄くなり油の主流は管底に沿う流れに変化して行くことが認められた。そして管内には旋回流の存在を確認できなかった。また高速の場合は気化器の出口から約 20 cm くらいは比較的厚い油膜が一樣に管壁に食付いておるのは低速のときと同じであるが、それ以後油の主流は管内壁に沿うねじ状の旋回流となっている。これらの油の流動状況の相異から第 12 図(a)(b)の結果を生ずるものと考えられる。

第 13 図(a)(b)は B 型気化器を用いた場合の実験結果で、風速小なる(a)図についてみるに加熱器直結 I の場合が気化率最も大で、加熱器を気化器から遠ざけるほど II, III の順序に気化率が低下して行く。風速大なる(b)図においてもだいたい(a)図と同じ傾向が見られる。

これらの場合の油の流動状態をガラス管を取り付けて観察してみると、風速の高低にかかわらず管内に旋回流は認められず、油膜は一樣に管壁に付着しており、

第 12 図

第 13 図

気化器を遠ざかるに従い油膜の厚さを漸減し、管底に沿う流れがだんだん発達して行くのが認められた。

以上の実験結果において第 12 図 (a) および第 13 図 (a) (b) はいずれも同じ傾向を示し、加熱器を気化器に接近せしめるほど大なる気化率が得られる。これは管内の油の流動状況の観察からわかるように、加熱器を気化器に近ずけることによって加熱管内壁面に比較的厚い油膜が一樣に付着するためと考えられる。

また A, B 二つの気化器を用いた場合の著しい相異点は吸込管内に空気 (燃料油) の旋回流が生ずるかどうかに存するのであって、第 12 図 (b) と第 13 図 (b) とを比較すればわかるように気化器と加熱器との距離が大きい場合には、吸込管内に旋回流があるときの方がはるかに気化率が大きくなる。

次にこれらの場合において、混合気の温度上昇と気化率との関係を調べてみる

と、加熱器を気化器に接近せしめた方が、同じ気化率をうるのに温度上昇が低くてすみ有利である。その一例を第 14 図に示す。

第 14 図

4. 結 論

以上吸込管内の気化および混合気の温度上昇に対する加熱面積 (加熱管の長さ) 並びに加熱器の位置の影響を実験的に研究して次の結論を得た。

I 加熱面積の影響

1. 送風機による連続吸込みの場合

管内風速、燃料供給量一定するとき：—

(1) 同じ壁温においては加熱面積の大なる (長い管) ほど気化率が大である。そして風速大なるときのほうが低速のときより管長を長くした効果が大い。

(第 3 図)

モータリング吸込みのときにおいても同様である (第 4 図)。

(2) 一般に加熱面積小 (短管) で壁温を高くした方が、同じ気化率をうるのに混合気の温度上昇が小になって有利である (第 5 図)。

モータリング吸込みのときも同様である (第 6 図)。

(3) 同じ正味供給熱量において一般に加熱面積の小なる方 (短

管) が気化効率が高い (第 8 図)。

以上を要するに加熱面積を小にし壁温を高くした方が、混合気の温度上昇を高めずに適当な気化率が得られ、その上気化効率も高く有利である。しかしこの場合大きな気化率を得ようとすれば壁温を著しく高めなければならない欠点がある。

2. モータリングによる不連続吸込みの場合

(4) 加熱面積および空燃比が等しいとき、同じ気化率をうるのに、気化器絞り弁を絞ったときの方が絞り弁全開時より混合気の温度上昇が小である (第 7 図 b)。

3. 送風機吸込みとモータリング吸込みとの比較

モータリングのときの吸込空気量から換算した吸込管内平均風速と同じ風速で送風機吸込みを行った場合両者を比較して

加熱面積および燃料供給量が等しければ：—

(5) 同じ壁温では両者の気化率はほとんど等しく、したがって送風機吸込みの実験結果からそれに対応する状態のモータリング吸込みのときの気化率を推定することができる (第 9 図)。

(6) 同じ気化率をうるのに送風機吸込みのときの方が混合気の温度上昇が小である。また同じ壁温ではモータリングのときの方が混合気の温度上昇が大である (第 10 図)。

II 加熱器の位置の影響

連続吸込みで、加熱面積、管内風速および燃料供給量一定するとき、管壁温度を基準として

(7) 吸込管内に吸気の旋回流がないときには、加熱器を気化器に近接せしめるほど大きな気化率が得ら

れる(第12図(a), 第13図(a)(b)).

(8) 吸込管内に吸気の旋回流があるときには, 加熱器の位置によって気化率に大きな変化がない(第12図(b)).

(9) 加熱器が気化器から離れた位置にある場合には, 吸気に旋回流を与えたほうが大きな気化率をうることができる(第12図(b), 第13図(b)).

(10) 一般に加熱器を気化器に近接せしめたほうが, 同じ気化率を得るのに混合気の温度上昇が小になり有利である(第14図).

終りに臨みこの研究の御指導を賜った京都大学長

尾教授に厚く感謝の意を表し, 実験に協力された大阪府立大学機械工学科小林恒夫, 池田守成両君の労を深謝す.

なお本研究の費用の一部は文部省科学研究費によるものであることをここに記して謝意を表する.

文 献

- (1) 筆者, 機械学会論文集, 22巻120号, 613ページ, 同22巻124号, 924ページ(昭31).
- (2) 筆者, 機械学会論文集, 22巻120号, 614ページ.

ニ ュ ー ス

ボールミル用超大型球面ころ軸受

増大して行く電力需要に対して, 火力発電設備も大容量, 高能率のものになりつつある. その微粉炭製造装置も製造方法は余り変化はないが, 装置自体著しい発展を示している.

従来の石炭ミルは片方の口から石炭と熱風を供給し, 他方から微粉炭を取り出す形式で, ミルの直径はトラニオン径で550~750mm程度であった. ミルの粉砕能力はミルが大形になるに従い効率が良くなるが, 最近では, トラニオンの中を二重の管とし, 中央の管の中を熱風を通し, 中央の管と二番目の管の間をスクリーコンベアで石炭を運び, 同時にミルの中から微粉炭を両方の口からサクションし, 熱ガスによる粉の処理を良くする方法がとられるようになった. したがってミルの中は常に負圧になるようにしてあり, 2番目の管と, トラニオンのすきまから外気がミルの中に流入する構造になっている. したがって, トラニオン径が非常に大きくなり, 従来の2倍近い大きさの軸受が要求されるようになった.

このように超大型になったころがり軸受は, 荷重に対して十分な負荷容量を容易に支えうるから, これらの軸受はISOシリーズ特別軽荷重用, 直径記号9に比例してつくることができる. このように軸受が薄肉, 幅狭型になると圧力角が少となり, その変化の割合が他の軸受に比べて大きくなり, また内部の各寸法差は必然的に小さく押えなければならず, 更に薄肉のリングなど工作上の困難も無視できなくなる.

石炭ミル球面ころ軸受が用いられるのは, すべり軸受に比べて自動調心性を有することと, 動力消費の少いこと, 保守が簡単であることのほか寿命が長いことである.

写真は超大型球面ころ軸受(型式 NSK-SL 1370-1)を示す. 諸元は

内径 1370mm, 外径 1780mm,

幅 265mm スリーブ内径 1320mm

基本負荷容量 970t/33.3rpm

全重量 2.1t

第 1 図

なお, 取付先ミルは容量26t/h, ミル直径3.5m, 長さ5.2m, 回転数17.9rpm, 使用電動機700HP(330rpm), 軸受は1個につき60tの荷重をうけ, 17.9rpmで15年以上の寿命がある.

〔日本精工会社〕

膨張補正軸受

ころがり軸受のハウジングは一般に鋳鉄あるいは鋳鋼といった鉄系統の金属材料が使用されることが多いが, 自動車工業においてはエンジン部分ではハウジングとして軽合金が使用されている. しかしながらエンジンが運転するための作動温度は温度範囲が相当広くハウジングの軽合金ところがり軸受外径との間の膨張係数の差により部品の締めしろや遊びき変化の原因となり, クリープ(外輪がハウジング内で最初の取付け位置より少しずつ回転する)をおこす. 特にこのクリープは軽合金ハウジングの場合内径摩耗の重大な要因であり, これがためにころがり軸受の外径とハウジングの締めしろを大きくしたり, 銅合金その他のブッシュをはめこんで調整したりしているのが現状である.