

“VTEC-E” エンジンにおける燃料噴霧の挙動

Observation of Fuel Spray Motion in “VTEC-E” Engine

石 井 清*	佐々木 隆*	浦 田 泰 弘*
Kiyoshi ISHII	Takashi SASAKI	Yasuhiro URATA
吉 田 一 夫*	大 野 敏 久*	
Kazuo YOSHIDA	Toshihisa OHNO	

要 旨

希薄燃焼ガソリンエンジン（1.5L “VTEC-E”）の成層給気過程の理解には、吸入空気と燃料液滴の挙動の計測が不可欠であり、これらについて吸気ポートよりシリンダ内までの観察を行い、その挙動と分布について調べ、主および副吸気弁から流入する噴霧の様子や液滴の分布状態および噴射時期による差を示すことができた。その結果、吸気行程噴射の燃料噴霧の多くは燃焼室中央に生じた強い下向き流れに沿って流入するため分散が抑制され、残りは弁上端よりペントルーフに沿って排気弁下側に達すること、副吸気弁からの噴霧は狭い間隙によって微粒化がより促進されて流入し点火プラグに衝突し飛散すること、吸気行程中に噴射された液滴は、圧縮行程には粒径が $5\mu\text{m}$ 以下となり、吸気行程以外での噴射では粒径が $5\mu\text{m}$ 以上の液滴がシリンダ内に流入していないこと等が分かった。

ABSTRACT

For studying the mechanism of charge stratification on a lean-burn engine (1.5L VTEC-E), analysis is made to air flow and fuel spray motion in intake port and cylinder. In particular, study is made to fuel spray into a cylinder and droplet distribution under different injection timings. The results show that: 1) strong vertical air flow around the center of a combustion chamber during the intake stroke, prevents spray dispersion and creates rather concentrated spray formation; 2) some spray induced by valve slope flows along pent roof to reach exhaust valves; 3) spray from the secondary valve is well atomized due to small opening and then strike into a spark plug for dispersion; 4) sauta mean diameter of droplets which are injected during induction stroke decrease less than $5\mu\text{m}$ during compression stroke; and 5) there be no fuel droplets having its sauta mean diameter of more than $5\mu\text{m}$ in cylinder when fuel injection made except induction stroke.

1. まえがき

自動車用ガソリンエンジンにおいては、既に希薄燃焼が低燃費化の有効な手段となっており、数多くの研究結果が報告されている^{1)~3)}。ホンダにおいてもバルブリフトおよびタイミング的可変機構を応用した独自の可変スワールシステム（以下 VTEC-E）を用いて希薄燃焼を実用化し⁴⁾、低燃費の好評を得ている。筆者らは、VTEC-E が希薄燃焼を可能にしている混合気分布の成層化の過程について調べ、比較的濃い混合気が点火時期にプラグ周辺に運搬されることを報告してきた^{5)~7)}。しかしな

がら、燃料の噴射から点火までの全過程について、どのようなメカニズムに依って軸方向層状給気が形成されていくのかは想像の域をでていない。いずれにしろ、燃料液滴がどのようにシリンダに流入していくかは重要な観察項目と考えられるため、この点に着目し観察を行った。

本報告では吸気ポート部やシリンダ内の液滴状態の燃料の動きについて観察した結果および液滴燃料の粒径や速度の分布やこれに影響を与えるシリンダ内空気流動との関連性について述べる。

* 和光研究所

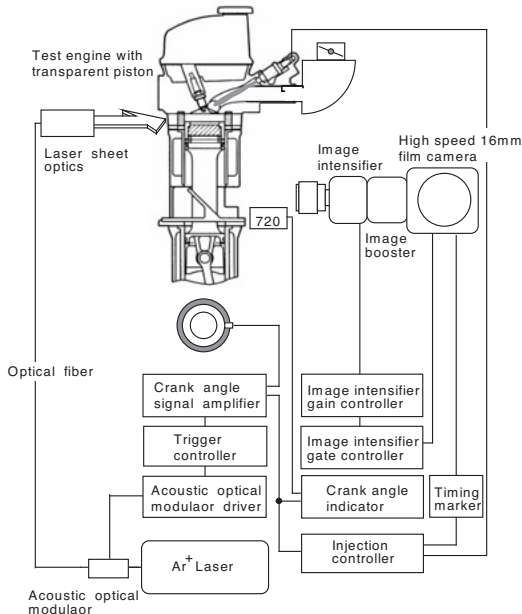


Fig.1 Schematic of instrumentation used to image droplets in plane 16mm below spark plug gap

2. 実験装置

2. 1. 計測システム

Fig.1にシリンダ内の噴霧の撮影に用いられた計測システムを示す。16mm フィルム高速度カメラにイメージブースタとイメージインテンシファイアを装着し、駒速度は3000駒/秒、露光時間は50 μ sec で撮影した。レーザシートの厚さは点火プラグ下方の水平断面(点火プラグの下16mm)では3mm、休止バルブ近傍の噴霧では4mm、シリンダ垂直断面の噴霧では20mm に設定した。この16mm フィルム高速度カメラ撮影では主に噴霧挙動の連続的な動きを捕える場合に用い、同一クランク角での水平断面の位置の違いによる噴霧形状の差を示す撮影には16mm フィルム高速度カメラに代えて1012 $\times$ 1000画素の高感度冷却型 Charge Coupled Device (以下 CCD) カメラを用いた。また吸気ポート内の噴霧では、外径が12mm の小型 CCD カメラを吸気マニフォールド内に挿入し、ストロボ光の照明を同期させて撮影した。

シリンダ内空気の三次元流れ測定には、PCPV 法 (Particle Coded Pulse Velocimetry) ⁹⁾ を用いた。この計測法はシリンダ内流れの瞬時面測定ができるため、LDV 測定による多数サイクルの平均データではわからないサイクル変動を含めた流れの評価が可能である。

液滴の粒径や速度の測定には、Phase Doppler

Table 1 Optically engine specifications

Cylinder	1
Displacement	360 cc
Compression ratio	9.1
Bore $\times$ Stroke	$\phi 75 \times 81.5$ mm
Valve mechanism	SOHC VTEC-E
Number of valves	4
Valve diameter inlet	$\phi 27.5$ mm
Valve diameter exhaust	$\phi 23.5$ mm
Fuel system	Programmed Fuel Injection (PGM-FI)
Swirl ratio	2.3 (swirl meter)
Tumble ratio	1.9 (swirl meter)

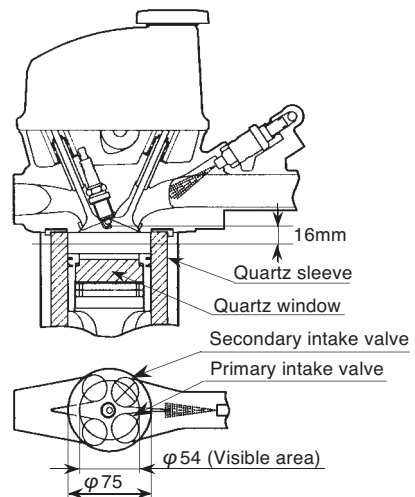


Fig.2 Optically-accessed single cylinder engine

Velocimetry (以下 PDV) や Laser Doppler Velocimetry (以下 LDV) を用いた。これには1W アルゴンレーザを使用し、測定体積は $\phi 104 \mu\text{m} \times 4.68\text{mm}$ 、測定粒子径の範囲は5 $\sim$ 180 μm とし、シリンダ軸方向の流れ (U; axial velocity) およびシリンダ水平断面方向 (V*; radial velocity) についても測定した⁶⁾。測定領域は、16mm フィルム高速度カメラの撮影では可視化の範囲外となるシリンダ壁面近くまでに拡張した。

2. 2. エンジン諸元と運転条件

Fig.2 に実験に用いた代表的な可視化エンジンの構造を、また Table 1 にその諸元を示す。可視化エンジンは1.5L のリーンバーンエンジン (VTEC-E) ⁴⁾ の諸元を基に製作した。また吸気弁付近の噴霧の撮影には燃焼室側面に窓を設けたエンジンを用いた。

測定は主に希薄運転状態で、二つの吸気弁の一方は最大バルブリフト量を0.65 mm に抑えてシリンダ内で旋回流 (スワールレシオ=2.3、タンブルレシオ=1.9) を生成する状態とした。

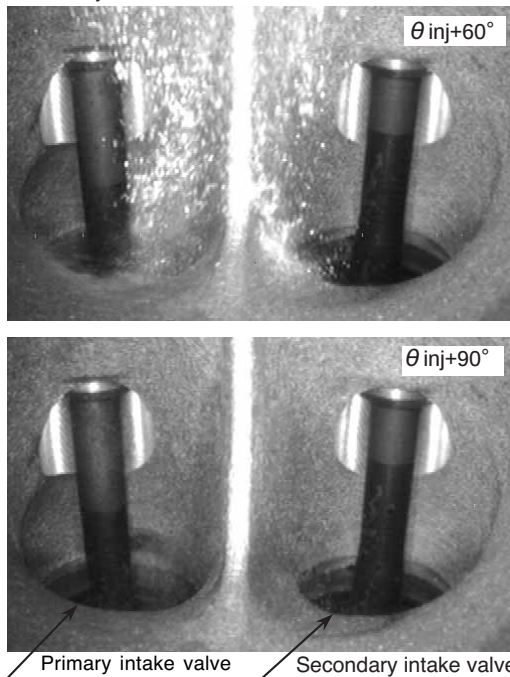
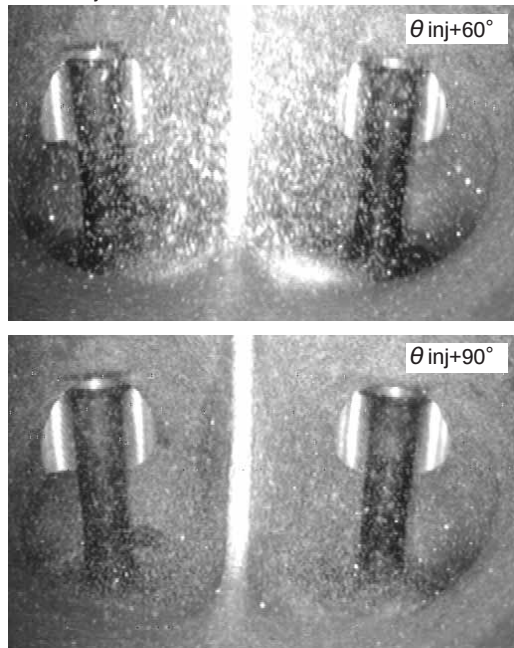
$\theta_{inj}=420^\circ$ (Injection at intake stroke) $\theta_{inj}=0^\circ$ (Injection at compression stroke)

Fig.3 Spray images in intake port for $\theta_{inj}=420^\circ$ and 0°
Photographing after 60° , above, and 90° , below, from each θ_{inj}

3. 結果

3. 1. 吸気ポートおよびシリンダ内の噴霧の動き

3. 1. 1. 吸気ポート内の噴霧

Fig.3に吸気行程中(吸気上死点後 60° $\theta_{inj}=420^\circ$)と圧縮行程中(圧縮上死点 $\theta_{inj}=0^\circ$)に吸気ポート内へ噴射された噴霧の違いを示す。吸気行程噴射では、空気は主吸気ポート側から主に流入しているが、主および副吸気ポートへの燃料の流入は噴射弁からの噴出方向がほぼ保たれており、副吸気ポート側にも4割程度の燃料が到達しているように見える。また主吸気ポート側の噴霧は中央隔壁寄りのバルブ傘部に衝突しており、ここで $50\mu\text{m}$ 程度に微細化した二次噴霧が形成され燃焼室内へ導かれる。圧縮行程噴射の画像からは、吸気行程噴射に比べ吸気ポートおよびバルブ傘部が不鮮明になっているのが分かる。これは吸気バルブ傘部や壁面に衝突する噴霧が増し壁面への噴霧付着量が増えるとともに、微細化した噴霧が噴射終了後もポート内に滞留しているためである。また滞留している噴霧はポート内で気化が進行するため、液滴状態のまま燃焼室内へ流入する噴霧は見られなくなる。

3. 1. 2. シリンダ内の噴霧

Fig.4に、点火プラグの下16mmの測定面($Z=16\text{mm}$:以下、点火プラグ位置を基準にシリンダ軸方向の測定位置をZで表記する)の噴霧形状を16mmフィルム高速度カメラで撮影した結果を示す。ここではVTEC-E modeにおける噴射時期の違いと、4 valve modeとの違いを示す。ここでVTEC-E modeは、副吸気弁リフト量を0.65mmに抑えた希薄燃焼運転状態を、4-valve modeは副吸気弁リフト量を主吸気弁リフト量と同じ8mmで理論空燃比運転の場合を指す。

VTEC-E modeでは、4-valve modeに比べ噴霧が燃焼室中央に集まり周辺部への分散が少なく、噴射時期を $\theta_{inj}=360^\circ$ から 420° に遅らせると、さらにこの傾向は強くなる。また図中に示していないが、これ以降の撮影時期では吸気弁側から排気弁側へ向かった噴霧は、吸気行程後半で生成されるスワール流れに乗って時計回りの方向へ成長するように見える。

ここで撮影された画像はレーザシート面へ流入した液滴であり、各々の液滴の流れは画像が示す成長方向とは異なっていると考えられる。例えば、吸気行程半ばには

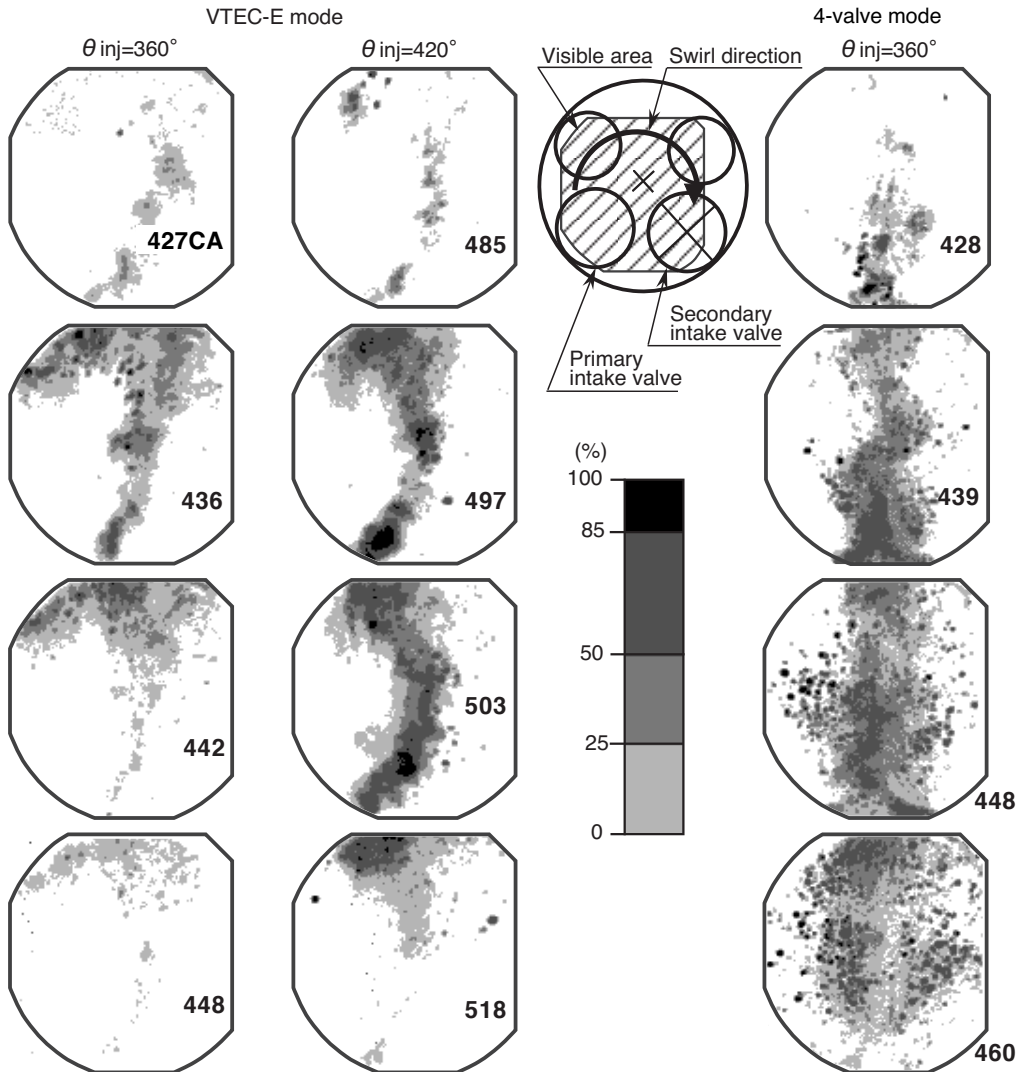


Fig.4 Influence of θ_{inj} on spray, imaged through the piston crown at plane 16mm below spark plug for VTEC-E mode and 4-valve mode operation

シリンダ下方への流れが強くなるため各液滴は、図のように水平方向（レーザシート面と平行）へは移動せずシート面を斜めに通過するものが大半となる（後述）ことや、図中の $\theta_{inj}=360^\circ$ 、 420° においては、測定面の排気弁側から出現する液滴がみられるが、これらは主吸気弁上方よりほぼ水平に排気弁側へ流入しペントルーフ壁面に沿って下方へ向きを変えられたものと推測される。また画像で示している領域はシリンダ壁面までを表していないが、排気弁側へ向かった液滴は排気弁下で壁面に衝突していることが後述の流速測定より推測される。

副吸気弁側からの液滴の流入は Fig.4 の画像からは分

からないが、副吸気弁近傍の撮影（後述）によりその流入が確認されている。また Fig.4 では示していないが吸気弁が閉じている間に燃料噴霧が弁に到達する場合（ $\theta_{inj} < 300^\circ$ ）には、主吸気弁側からの液滴でさえ明確な画像を得る事はできなかった。これは Fig.3 で示したように、吸気弁傘部に一時滞留した燃料は、吸気弁や壁からの伝熱、吸気弁開時の残留ガスの逆流や“strip-atomization”¹⁰⁾ 等の影響を受け、液滴の微粒化が促進されたためと考える。また噴射時期が吸気行程中であっても、吸気下死点以降においては液滴は殆ど撮影されておらず、このことは後述の PDV 法によっても確認された。

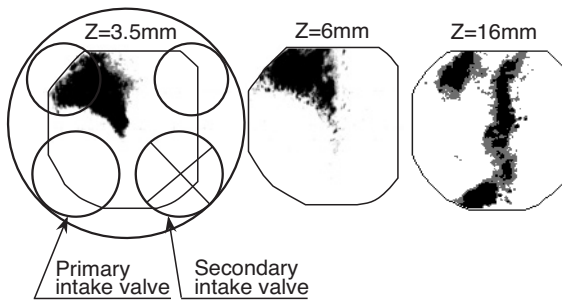


Fig. 5 Spray images at planes 3.5, 6 and 16mm below spark plug for $\theta_{inj} = 420^\circ$ at 490°CA

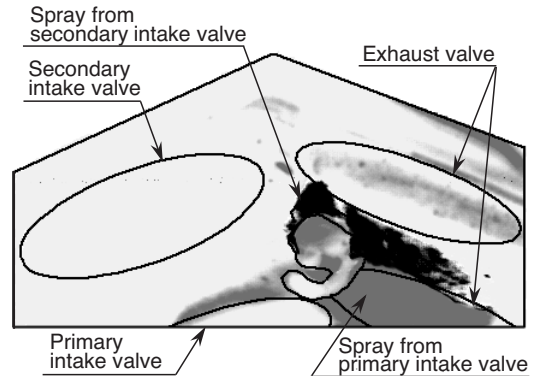


Fig. 7 Spray image around the spark plug

3. 1. 3. 吸気弁周辺の噴霧の動き

Fig. 4では吸気弁直下の噴霧の様子が分からないので、これに点火プラグの下3.5mmと6mmの断面を加え、Fig. 5に示す。また Fig. 6, 7には、主および副吸気弁から流入する噴霧の垂直断面の様子を示した。Fig. 5の撮影には、 1012×1000 画素の高感度冷却 CCD カメラを使用し、Fig. 6, 7では16mm フィルム高速度カメラを使用した。運転条件はVTEC-E modeで噴射時期を 420° とした。Fig. 5より、点火プラグの下3.5mmの観測断面では主吸気弁上端から排気弁側へ飛び出す噴霧が観測断面を6mm、16mmと下げるに従って、燃焼室中央から副吸気弁側へ寄っていくのが分かる。言い換えると、点火プラグに近い断面にある噴霧はペントルーフに沿って移動し、これより離れる噴霧はさらに斜め下方に飛散するが、主吸気弁の下方にはピストン側からプラグ方向への上昇流（後述）が有るため、噴霧は副吸気弁側へ寄せられ主吸気弁側への飛散が妨げられている。

Fig. 6に、主および副吸気弁から流入する噴霧を示す。

二つの弁から流入する噴霧は、各弁ごとに独立にレーザーシートをピストン側から照射し撮影した。主吸気弁の流入開始時期（ $\text{CA}=478^\circ$ ）では、弁上端部（点火プラグ外側電極の裏側）よりペントルーフに沿った流れとなり、流入中期（ $\text{CA}=490^\circ$ ）では下方へ広がってくる。副吸気弁からの噴霧は、主吸気弁からの流入より遅れるが、副吸気弁の開弁時期（ $\text{CA}=490^\circ$ ）より微少量がペントルーフ壁面に沿って流入を始めている。Fig. 7は、副吸気弁から流入する噴霧の移動方向を確認するため燃焼室を斜め下方から見上げた画像である。副吸気弁からの流入噴霧は、点火プラグのねじ部付近へ当たった後にペントルーフ壁面に沿って移動しており、副吸気弁の狭い間隙（最大リフト量 $=0.65\text{mm}$ ）により噴霧の方向性が決められ、微粒化が促進されていると推測できる。副吸気弁の他の場所からの噴霧の流入は、撮影手法や光量を工夫したが捉えられなかった。また図中の点火プラグ後方の薄い部分は主吸気弁からの流入噴霧である。

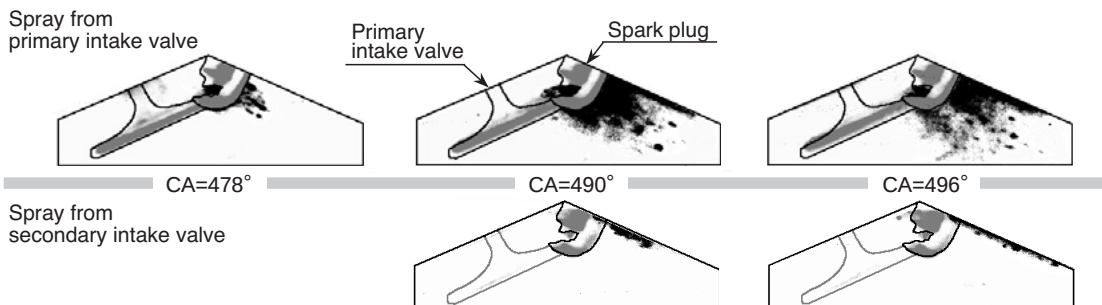


Fig. 6 Spray images from primary and secondary intake valve with crank angle

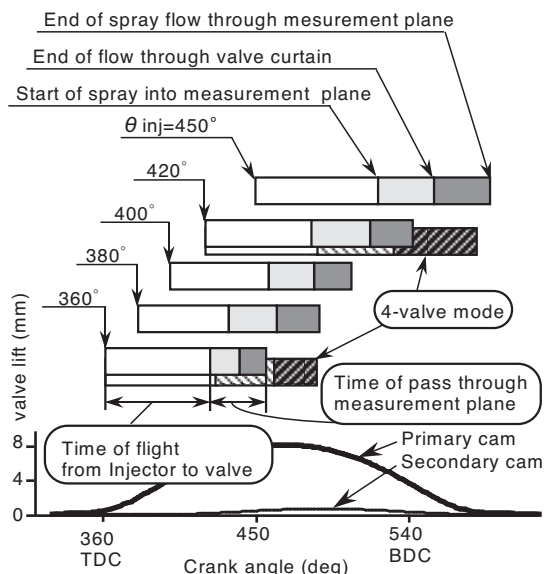


Fig.8 Influence of θ_{inj} on time of arrival of the spray in the plane of 16mm below spark plug

3. 1. 4. 噴射時期による効果

Fig.8は、Fig.4の画像より、燃料の噴射時期、シリンダへの流入開始時期、流入終了時期および測定面上への滞留期間を図示したものである。噴射開始信号より、液滴が吸気弁に達するまでの噴霧到達期間はクランク角で約 50° であり、噴射時期や VTEC-E mode、4-valve mode の違いによる差は殆ど無い。この事は、噴霧の到達時間がほぼ噴霧自体の速度で決まっている事を意味する。

噴射時期を遅らせるにしたがって噴霧が観察面に流入し続ける期間は長くなる傾向にあり、これは観察面への液滴状態での噴霧の流入量が増加している事を示唆する。また吸気行程後半にシリンダ内に流入した噴霧の観察面での滞留時間は増加しており、これは観察面であるシリンダ上部付近に液滴および気化した燃料がより多く存続している事を意味する。特に $\theta_{inj}=420^\circ$ においては、噴霧の流入終わりが下死点位置となり吸気ポートからの空気の流入が止まるため、燃料はシリンダ上部付近へ滞留しやすくなると考えられる。さらに $\theta_{inj}=450^\circ$ においては、空気の流入が終了した下死点以降も燃料の流入が継続しており、噴射された全燃料がこのサイクル中に流入しきれず、一部の燃料が次サイクルへ引き継がれていると推測できる。4-valve mode では、吸気バルブの開口面積が増加する事によりシリンダ下方への流速が低下し、より長い流入および滞留時間を示す。

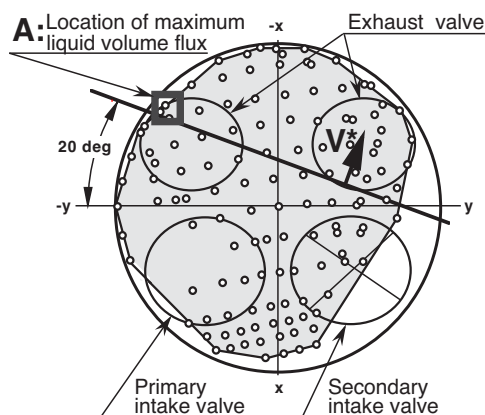


Fig.9 Typical measurement grid of the PDA and LDV measurements in 16mm below spark plug

3. 2. シリンダ内液滴のPDV測定

3. 2. 1. シリンダ内の液滴通過量、粒径

Fig.9に、点火プラグの下16mmの断面における測定点および水平方向の速度成分 (V^*) の向きを示す。PDV測定結果の代表例として、 $\theta_{inj}=420^\circ$ の時の液滴量の多い位置 (図中の領域A) での粒径と流速の分布を Fig.10 に示す。図は、約5000の測定値からなり、各クランク角に対して大きな幅をもっている。液滴の垂直・水平速度成分 U , V^* は、流入開始時に高く下死点に向かって減じ、垂直速度成分については下死点付近でピストン側よりプラグ側へ逆転するものもある。粒径はクランク角に依存せずほぼ $20\mu\text{m}$ を中心に分布し、圧縮行程になると最小測定範囲である $5\mu\text{m}$ 以上の液滴は確認できなかった。PDV測定での液滴の流入時期は、16mmフィルム高速カメラ撮影の結果である Fig.4 と一致しており、また Fig.4の中で滞留を示している液滴の一部は垂直速度成分 U の測定結果から、軸方向速度がゼロないしは弱い逆流となっている事がうかがえる。

Fig.11は、Fig.9に示された全観測点について、吸気上死点より下死点間の各測定データを積算平均し代表値を求め、これによって描かれた吸気行程中の単位面積および時間当たりの液滴通過量 (volume flux, $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{s}$) と液滴径 S.M.D (Sauter mean diameter, μm) の輪郭図である。平均した液滴径の分布について見てみると、部分的には径の大小があるものの、全体としては $20\sim 30\mu\text{m}$ であり θ_{inj} の違いによる差は見られない。また液滴径は大き

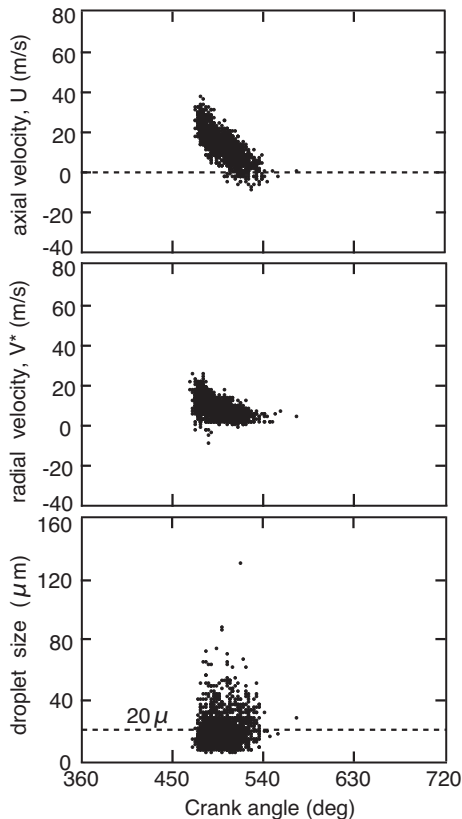


Fig.10 U and V^* components of velocity and droplet diameter with crank angle. measures made near location of maximum liquid volume flux at $\theta_{inj}=420^\circ$

くても $50 \mu m$ であり、自由噴霧の場合は約 $130 \mu m$ と大きく異なっている。これについては定常流れの中でバルブへ衝突する液滴の二次噴霧径を測定し同様の値が確認されており⁸⁾、Fig.11 に示された液滴は大部分が衝突により形成された二次噴霧であると考えられる。液滴通過量の最大値は、噴射時期によらず主吸気弁に対向する排気バルブ下側のシリンダ壁面に近接した部分（図中の点 A 付近）にあり、 θ_{inj} の増加につれ 2 (arbitrary units, 以下 a.u.)、8 (a.u.)、10 (a.u.) と急増し、その領域も増加していく。この分布より、吸気バルブから流入した大半の液滴は、直接排気バルブ下側のシリンダ壁面に向かって飛び、衝突している事が推測される。

さらに Fig.12 に、点火プラグの下 2, 9 および 16mm 断面の液滴通過数 (measurements/s) の比較を示す。点火プラグからの距離が 2mm より 9, 16mm と離れるにしたがい、液滴通過数の最大位置が吸気弁から離れ、排気弁側

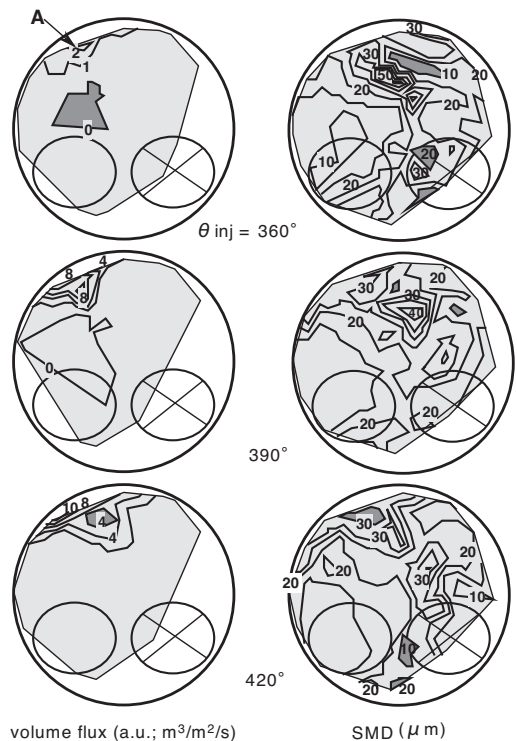


Fig.11 Cycle-averaged droplet contours of volume flux and SMD for $\theta_{inj}=360^\circ$, 390° and 420°

のシリンダ壁面に近づいていくのが分かる。また点火プラグの下 2 mm および 9 mm のいずれの図においても、主副吸気弁の上端部付近からの噴霧は二つのピークを持ち、一つは主吸気弁に対向する排気弁側に、他は点火プラグ部にピークが観測されている。これらは Fig.6, 7 で示した主および副吸気弁からの流入噴霧の観察結果と噴霧位置が良く一致しており、点火プラグ部のピークは副吸気弁からの噴霧と考えられ、その量が少なくないことを示している。これは撮影画像のみでは分からなかった結果である。

3. 2. 2. 液滴の速度

Fig.5, 6 および 7 の説明では、液滴の速度、方向を前後の噴霧画像の様子より推定していたが、Fig.13 の図中に示した A, B, C の三カ所について、吸気弁から排気弁方向の液滴速度を示す。A は副吸気弁からの流入液滴の密度の大きい位置、B は主吸気弁上端部からの流入液滴の密度が大きい位置、C は液滴通過量が最大である位置として選定した。燃焼室のペントルーフ側ほど水平方向速度が大きく壁面に沿っており、またこれより離れると液滴

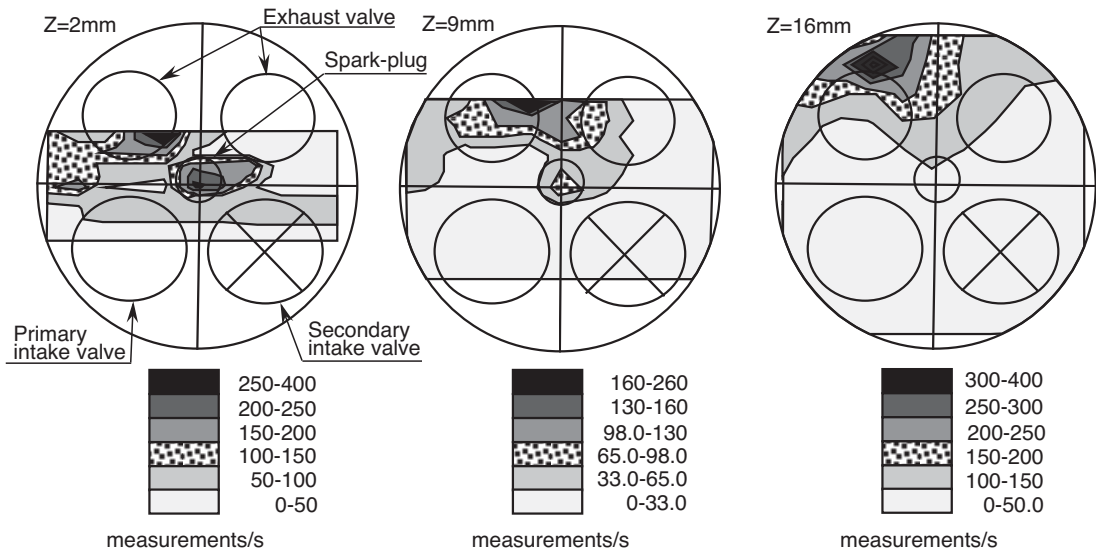


Fig.12 Flux, expressed as measurements/s, of the planes 2, 9 and 16mm below spark plug for $\theta_{inj}=420^\circ$

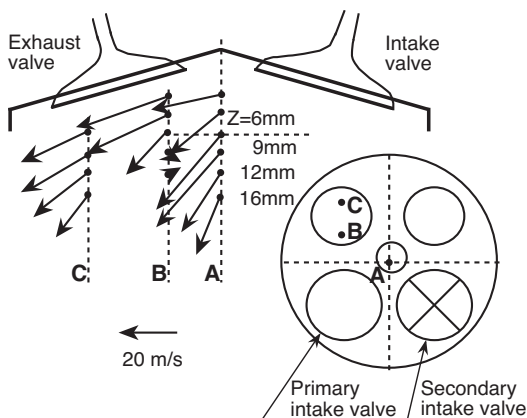


Fig.13 Two dimensional average velocity of droplets on axis A,B and C for $\theta_{inj}=420^\circ$

の向きはシリンダ軸方向に近づく傾向を示し、Fig.4の観測面と同じ点火プラグの下16mm断面の噴霧ではA軸上で約 60° 、C軸上では約 45° の傾きで流入している。B軸上の点火プラグの下9mmより下側では流れの向きが定まらず速度も小さい。これは、この場所にシリンダ壁面に沿った強い上昇流との境界が有るためである(後述)。

3. 2. 3. シリンダ内の液滴の量

Fig.14に点火プラグ下のA点 (Fig.13参照) の軸上を通過する液滴数の噴射時期による違いを示す。液滴数は、シリンダ内に流入する噴霧の平均液滴径が $20 \sim 30 \mu m$

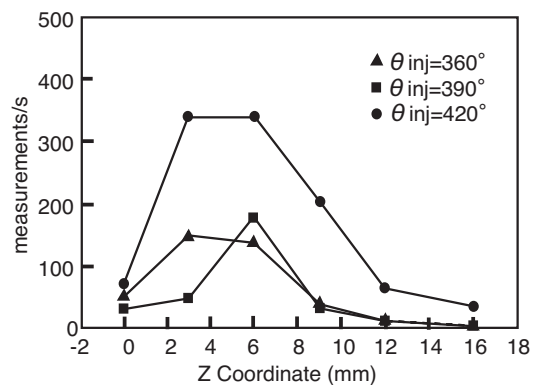


Fig.14 Droplet data rates on axis A directly below spark plug at different injection timing

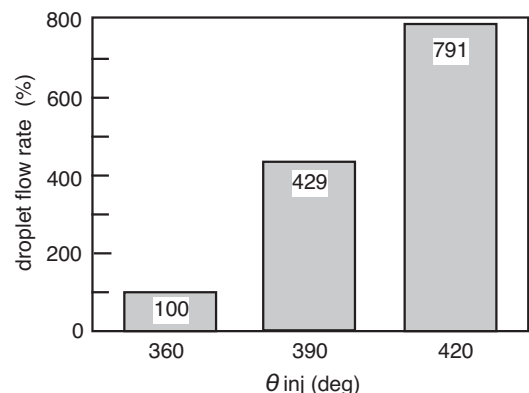


Fig.15 Liquid fuel flow rate of passing through the measurement plane against injection timing

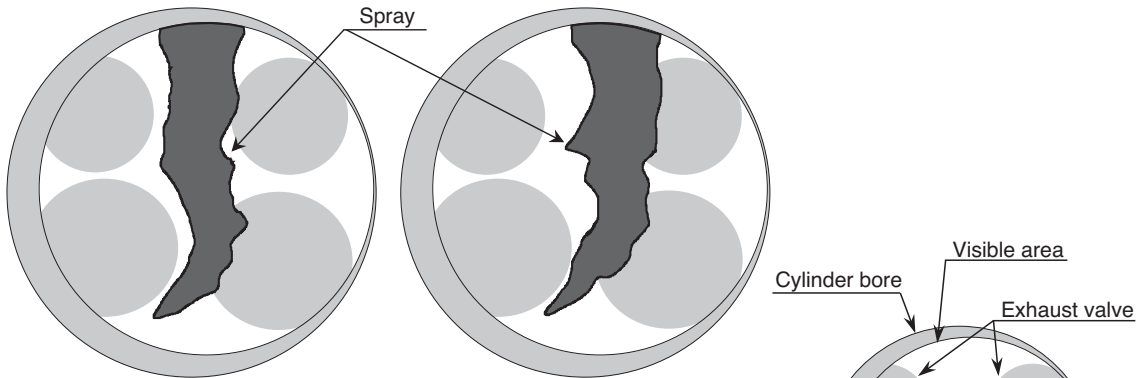
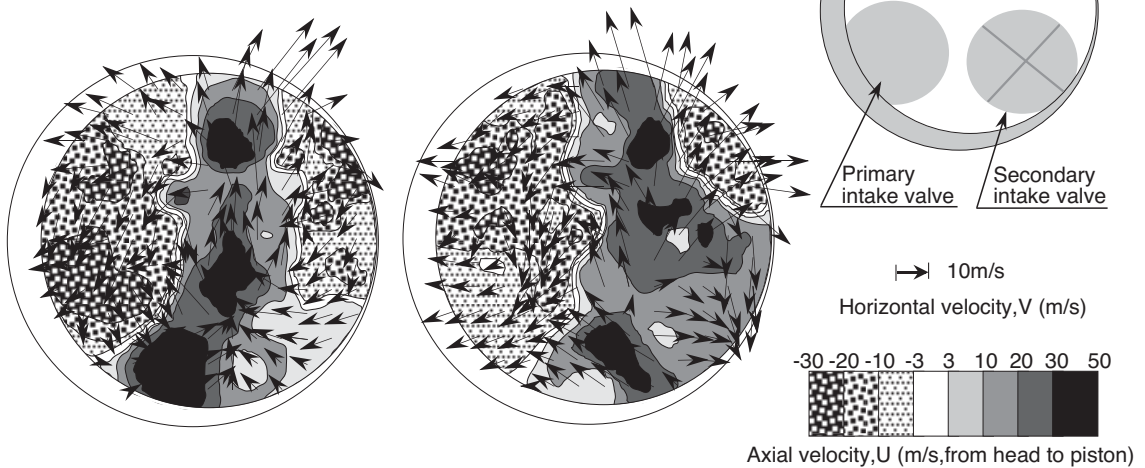
Fig.16 Spray patterns on cyclic variation of CA=450° for $\theta_{inj}=380^\circ$ 

Fig.17 3-D velocity patterns on cyclic variation of CA=450°

とほぼ一定であることから、相対的に液滴量を表していると考えられる。吸気行程噴射時に噴射時期を $\theta_{inj}=360^\circ$ から $\theta_{inj}=420^\circ$ へ遅角化すると液滴の通過量は大きく増加している。また $\theta_{inj}=420^\circ$ について見ると、Fig.12に示したように液滴の通過量は点火プラグの下3～6mm付近をピークに点火プラグから離れるに従って減少している。さらにFig.15に、点火プラグの下16mmの測定断面を通過する液滴量を $\theta_{inj}=360^\circ$ の値を基準に比較示した。Fig.14と同様に噴射時期の遅角化に伴って液滴量は急増し、4～8倍に達しているのが分かる。

3. 3. 吸気行程における空気と噴霧の動き

Fig.16にシリンダ内へ流入する噴霧の変動例を、Fig.17にPCPV法により測定した吸気行程時 (CA=450°) のシ

リンダ内空気の流れの変動例を示す。シリンダ軸方向の空気の流れ (ドットパターン) をみると、主吸気弁下側の領域はほぼ上昇流で占められている。一方、シリンダ中央部から副吸気弁下側の領域は強い下降流で占められており、特に副吸気弁下側の下降流の領域は変動が大きく、左図に比べ右図ではその領域が拡大していることが分かる。また副吸気弁側の上昇流は、対向する排気弁のシリンダ壁面近傍となっており、やはり領域の変動が見られる。これらの空気の流れに対応させて噴霧の動きを考えると以下のような事が分かる。① 大部分の噴霧は、シリンダ中央部にできる強い下降流に引き寄せられるため、吸気弁の上端側から副吸気弁側へまとめられてシリンダ内へ流入し排気弁側へ向かう。② 吸気弁の上端部から流入した噴霧のうち、ペントループに沿って移動する

噴霧は排気弁側で撮影面へ出現する。③ ペントルーフ壁面より離れた噴霧は、強い下降流に沿って流入するが、主吸気弁下側の強い上昇流によって主吸気弁側への拡散が阻止されるためシリンダ中央部から副吸気弁寄りに分布する。④ この上昇流と下降流の境界位置は変動しており、Fig.16におけるシリンダ中央部の噴霧位置の変動をもたらす。またFig.13のB軸上の液滴のベクトルが一定していないこともよく符合する。このように吸入行程噴射では、吸気行程時の筒内流入空気に燃料を乗せるため、液滴噴霧の分布は空気の動きに影響され、噴霧形状の違いが生じている。

4. まとめ

燃料噴霧の観察によって、吸気ポートから燃焼室内への挙動が把握され、以下の知見を得た。

- (1) 吸気行程噴射において、主および副吸気ポートに噴射された燃料量に大きな差は無いが、燃料噴霧の多くは主吸気弁側から流入し、副吸気弁より燃焼室へ流入する液滴は副吸気弁の狭い間隙により“二次噴霧”や“strip-atomization”となり、液滴の微粒化や気化が促進されその量は少ない。また副吸気弁の上端部から流入した液滴はペントルーフ上を移動し、点火プラグ外側部に衝突し飛散している。
- (2) 主吸気弁側から流入する燃料噴霧の多くは、燃焼室中央に生じた強い下向きの流れに沿ってシリンダ内へ流入し、主吸気弁に対向する排気弁下側のスリーブ壁面に衝突しており、この付近に液滴密度の高い部分を形成する。残りは、主吸気弁上端部より流入しペントルーフに沿って排気弁下側へ達する。これ

らの燃焼室内に流入した液滴径は $5 \sim 80 \mu\text{m}$ の幅に分布するが、その平均粒径は $20 \sim 30 \mu\text{m}$ である。

- (3) 吸気行程に生じるシリンダ中央部の下向きの強い流れと、主吸気弁と排気弁の間に生じる上昇流によって噴霧の分散が抑制されている。しかし、この上昇と下降流の位置に変動があり、噴霧形状の違いを招いている。
- (4) 吸気行程噴射の時期が遅くなる程、シリンダ内へ液滴のまま流入する量が急増（4～8倍）し、加えてシリンダ軸方向の速度が減少するため、濃いクラウドの形成と維持が促されている。

参考文献

- 1) A. A. Quader et al., SAE 820131, 1982
- 2) 原田 他、自技会学術講演前刷、924068, pp.69-72, 1992
- 3) 漆原 他、第11回内燃機関シンポジウム講演論文、pp.573-578
- 4) K. Horie, et al., SAE 920455, 1992
- 5) 浦田泰弘 他、12回内燃機関シンポジウム、pp.277-282, 1995
- 6) Y. Hardalupas et al., SAE 950507, 1995
- 7) M. Berckmuller et al., 25th. Symposium on Combustion, 1994
- 8) Y. Hardalupas et al., 7th. International Symposium on the Application of Laser Techniques
- 9) 石井 他、ホンダR&Dテクニカルレビュー Vol.8, pp.106-114, 1996
- 10) Y. Shin et al., SAE 941872, 1994

■著 者■



石 井 清



佐 々 木 隆



浦 田 泰 弘



吉 田 一 夫



大 野 敏 久