

フランジ付き点火プラグのフランジ形状が点火特性に及ぼす影響

日大生産工(院) ○太田 一貴 日大生産工 野村 浩司 日大生産工 氏家 康成

1. 緒言

近年，環境問題の深刻化や化石燃料の枯渇化によって内燃機関への早急な対策が求められている．花点火機関においては排気ガス中の有害物質の低減や，燃料消費率の改善の面から希薄燃焼が有効と考えられる．しかし，希薄燃焼では燃焼速度が低下し，有効仕事が増加する．その対策として燃焼室内にスワール，タンブルに伴う強い乱れを用いて火炎伝播を促進させているが，強い乱れによって火炎核から混合気や電極への熱損失が増大するため，点火が困難になり失火が起きやすくなる．このため点火エネルギーを増大させて点火確率の向上を図っているが，点火系の早期劣化や電磁波障害といった問題が発生する．したがって希薄燃焼においては，点火エネルギーの低減と確実な点火の両立が重要な課題である．

本研究ではこの相反する課題の両立を目指し，火花放電時の衝撃波の反射と火花間隙周辺の乱れ抑制に着目した．衝撃波エネルギーの回収と混合気流動の抑制を目的として，市販の点火プラグに円筒形のフランジを設置して点火実験を行った．また，通常プラグおよび既報¹⁻³⁾の円板形フランジ付き点火プラグと比較して，フランジの形状が点火特性に及ぼす影響を調べた．

2. 実験装置および実験方法

2.1 供試機関および計測装置

実験装置の概略図を Fig.1 示す．実験装置は，機関本体，燃料系，点火装置，計測装置，動力測定装置から構成される．供試機関は日産工機製 H25 型エンジンで，燃料には天然ガスを使用

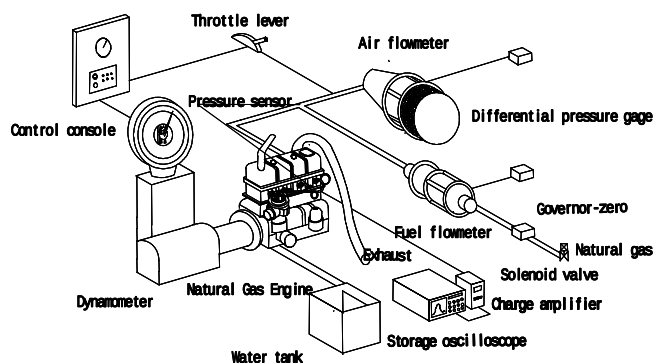


Fig.1 Experimental apparatus.

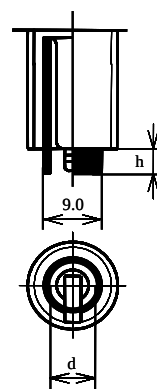


Fig.2 Cylindrical flanged spark plug.

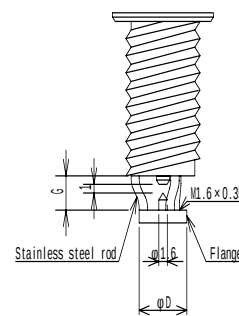


Fig.3 Disc flanged spark plug.

している．機関の主要諸元は直列 4 気筒，排気量 2472 cc，ボア×ストローク 92.0 mm × 93.0 mm，圧縮比 8.9 である．冷却方法は，水タンクを用いて水道水を循環させる方法を用いた．燃料系は混合器，天然ガスを大気圧と同じ圧力に調整する Governor zero，燃料流料を調整することで当量比を変化させるメイン・アジャスト・スクリーンで構成される．点火装置には，コイル内蔵型のフルトランジスタ式点火回路を用いた．計測装置は，圧力センサ，層流型空気流量計，層流型燃料流量計から構成される．天

然ガスおよび吸入空気の流量を層流型流量計により測定し、所定の当量比に調整した。エンジンの 2 番シリンダのヘッド部分に穴を開けてスリーブを入れ、その中に圧力センサ (Kistler 6052A) を取り付け、ストレージオシロスコープに圧力波形を出力した。これより、点火確率を求めている。動力測定装置は日大工研式渦流型電気動力計を用いた。

2.2 円筒形フランジ付き点火プラグ

本研究で用いる円筒形フランジ付き点火プラグを Fig.2 に示す。円筒形フランジ付き点火プラグは、市販の点火プラグ (NGK 製 B4ES) のねじ部内側の筒状になった部分に、外形 9 mm のステンレスパイプを銀口ウ付けして作成した。フランジの材質は、耐久性、耐熱性を考慮して、SUS304 を使用した。フランジ寸法の影響を調べるため、肉厚を 0.5, 1.0, 2.0 mm (内径 8, 7, 5 mm)、プラグねじ部端面からのフランジ高さ h を 3, 4, 5, 6 mm と変化させたプラグを製作した。

2.3 円板形フランジ付き点火プラグ

円板形フランジ付き点火プラグを Fig.3 に示す。円板形フランジ付き点火プラグは、市販の点火プラグから接地電極を取り去り、そこに ϕ 1.6 mm のステンレス棒 3 本を設置し、フランジを支持した。また、フランジの中心に ϕ 1.6 mm のステンレス棒を取り付け、新たな接地電極とした。フランジ、ステンレス棒および接地電極の材質は耐久性や耐熱性、考慮して、円筒形フランジと同様の SUS304 を使用した。点火プラグとフランジは銀口ウ付けし、過去の研究で最も良い結果を得られたフランジ直径 $D = 9$ mm、フランジ間隔 $G = 4$ mm のものを製作した。

2.4 実験方法

エンジンの初期回転速度を 800, 1000 ~ 3000 rpm までを 500 rpm ごとに变化させ計測を行い、フランジの形状が点火確率に及ぼす影響について調べた。点火確率は記録した燃焼室圧力波形を基にして 10 秒間の点火成立回数と放電回数の

比と定義した。なお点火確率の計測については、2MPa 以上を点火、2MPa 未満を失火と判断している。

3. 実験結果および考察

3.1 円筒形フランジにおける高さの変化が点火確率に及ぼす影響

通常の点火プラグ、円筒形フランジ付き点火プラグおよび円板形フランジ付き点火プラグについての点火確率と当量比の関係を Fig.4 に示す。このときの円筒形フランジ付き点火プラグの肉厚は 0.5 mm (内径 8 mm) で一定としたものである。初期回転速度は (a) 800 rpm から (f) 3000 rpm となっている。いずれの回転速度においても、円筒形フランジ付き点火プラグの場合、フランジ高さの高い方が高い点火確率を得られた。また低中速回転域では、フランジ高さが低いプラグは、通常プラグより点火確率が下回る場合もある。これはフランジ高さが低いと、フランジによる衝撃波エネルギーの回収効果が不十分であることに加え、フランジ端面に衝突し巻き込んだ混合気が、火花間隙周辺の乱れを増幅したために、熱損失が増大したと考えられる。逆に高い場合、フランジ端面に衝突し巻き込んだ混合気が火花間隙まで到達しにくく、十分な流動抑制効果が得られる。またフランジ面積が大きいので、衝撃波の反射回収効果が得られ、点火確率が高くなったと考えられる。一方回転速度で比較をすると、低速回転域では、円板形フランジ付き点火プラグと通常プラグの点火確率が高いことがわかる。これにひきかえ高速回転域においては、円筒形フランジ付き点火プラグは円板形フランジ付き点火プラグの点火確率よりも高くなっている。その理由として、低速回転域において円筒形フランジは、流動抑制効果よりもフランジへの熱損失が大きくなるために点火確率が通常プラグと同等、またはそれよりも低い結果になったと考えられる。高速回転域では、円筒形フランジの方が円板形フランジよりも流動抑制効果が高いためだと考えられる。

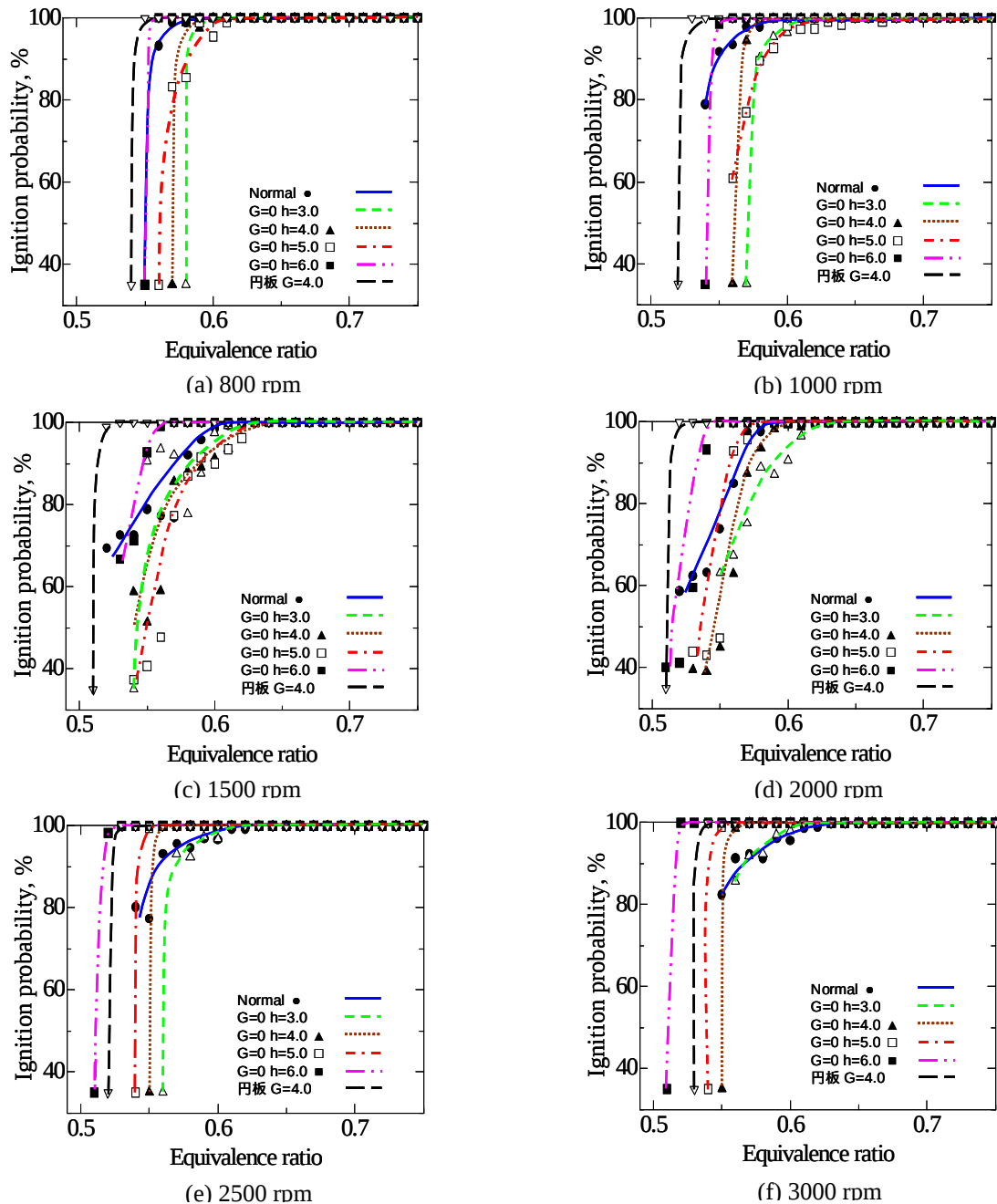


Fig.4 Relation between equivalence ratio and ignition probability. (effect of height)

3.2 円筒形フランジの内径の変化が点火確率に及ぼす影響

円筒形フランジにおいて、フランジ高さ一定で内径を変化させて点火実験を行った。その結果を Fig.5 に示す。このときの円筒形フランジ付き点火プラグの高さ h は、肉厚一定としたときの点火実験で一番高い点火確率を得られた $h=6$ mm を採用している。このグラフより、内径が小さい場合は点火確率が低下していることがわかる。その理由として、火炎核と円筒形フラン

ジの内壁との距離は狭くなり、衝撃波エネルギーの回収効果の増大は期待された。しかし、火炎核と円筒形フランジの内壁との距離が消炎距離に近づいたために、フランジへの熱損失の逆効果が上回ったと考えられる。

4. 結言

天然ガスエンジンを用いて円筒形フランジ付き点火プラグの点火特性を調べた結果、以下の結論を得た。

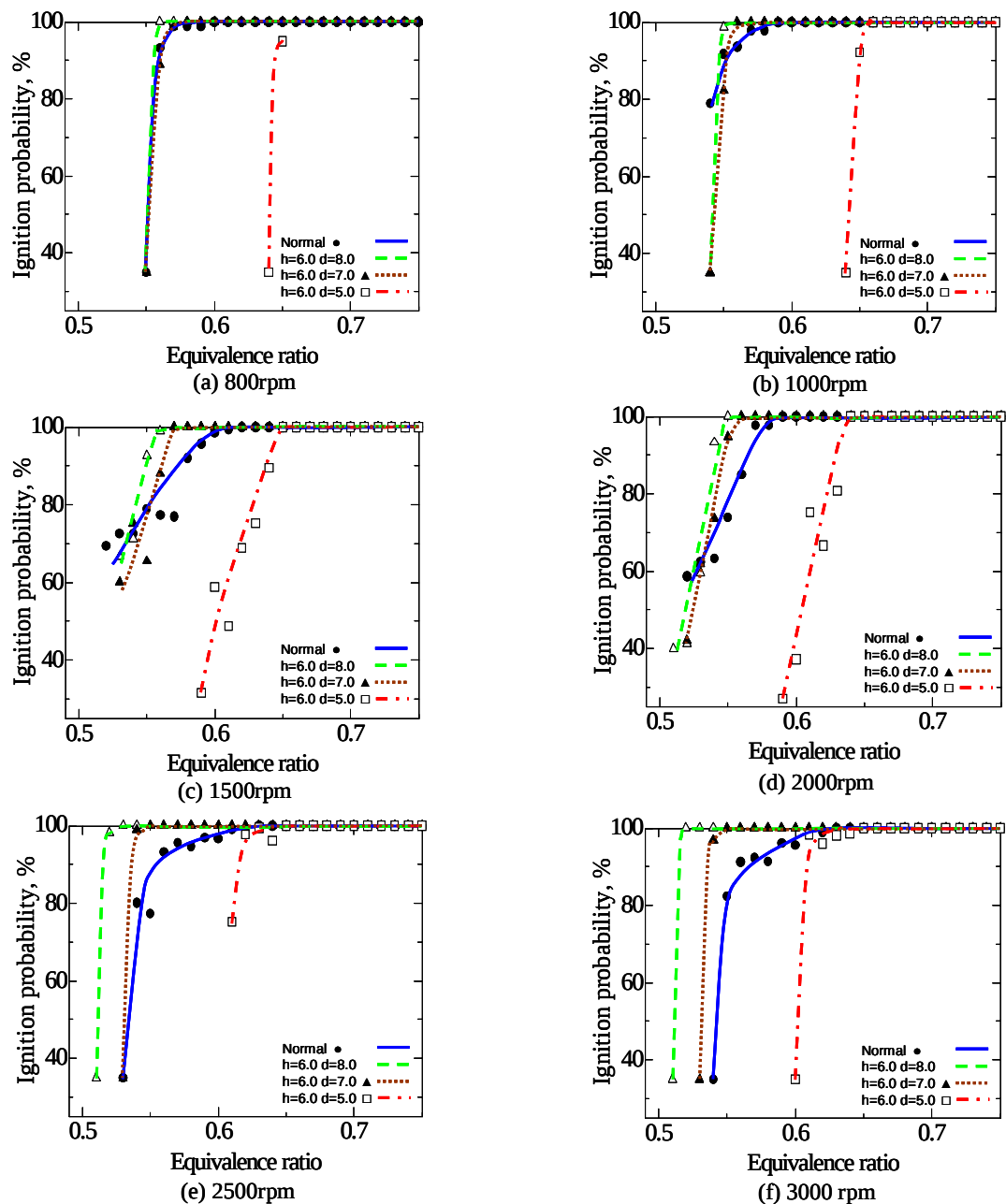


Fig.5 Relation between equivalence ratio and ignition probability. (effect of internal diameter)

1. 本実験範囲において $h=6\text{ mm}$ のフランジ付き点火プラグが高い点火確率を得られる．衝撃波の反射と流動抑制効果が有効に作用したと考えられる．
2. 円筒形フランジでは、低速回転時では流動抑制効果よりもフランジへの熱損失が上回ると考えられる．
3. 円板形と円筒形を比較すると、円板形は低速回転域において高い効果を発揮し、円筒形は高速回転域において高い効果を発揮する．

4. 本実験範囲において円筒形フランジの内径は大きい方が、高い点火確率を得られる．

参考文献

1. 大橋・氏家ほか，第 41 回燃焼シンポジウム 講演論文集，pp.169-170(2003)
2. 大橋・氏家ほか，第 42 回燃焼シンポジウム 講演論文集，pp.489-490(2004)
3. 氏家・野村・江間・鳥居，フランジ付き点火プラグの基本特性と天然ガスエンジンへの応用，機論 (B 編)70 巻 694 号 No.03-0280，pp218-23(2004)