

旋回流動場を用いたフランジ付き点火プラグの点火特性および火炎伝播挙動

日大生産工(院) ○吉田 涼一

日大生産工 菅沼祐介 日大生産工 野村浩司

1. まえがき

現代に見られる地球規模の気温上昇の支配的な原因は、人間活動による二酸化炭素やメタン等の温室効果ガスの増加である可能性が極めて高いと考えられている。その温室効果ガスの中でも最も温暖化への影響が大きいガスとして二酸化炭素が挙げられ、地球温暖化の進行を抑えるべく脱炭素社会の実現が推し進められている。中でも自動車用火花点火機関の性能改善が急務とされている。近年では更なる熱効率向上のため、超希薄燃焼の研究が行われており、燃焼ガスの温度を下げ冷却損失を低減し結果的に熱効率を向上させることに繋がる。しかし発生させる旋回流等により点火しにくいのが現状である。そこで我々は高流動場において点火可能なフランジ付き点火プラグを開発した。既存の接地電極を取り払い点火プラグ先端部に半球型ドーム形フランジを取り付けたもので、これにより衝撃波エネルギー回収効果と流動抑制効果という超希薄燃焼での点火に有効的な二つの効果を得られた。先行研究では、ガス交換用の穴径、穴数が点火燃焼特性に与える影響について調査し 120°おきに穴径 2.4mm の穴を三つ設けたプラグが点火確率、火炎伝播の面から最適であることが示唆された。本研究では高流動かつ希薄な条件でこのフランジ形状をベースにドーム内部の形状を変更し通常の点火プラグとの燃焼特性差異について燃焼圧力履歴の取得、火炎伝播の様子をハイスピードカメラで撮影することにより検証、観察する。

2. 実験装置・方法

本実験で使用する実験装置概略を Fig.1 に示す。実験装置は4系統で構成されており、旋回流動生成装置系、点火装置系、計測装置系、光学装置系からなる。旋回流動生成装置系は定容燃焼容器、プロパンガスボンベ、空気ボンベ、真空

ポンプ、混合気タンク、ソレノイドバルブ、エアシリンダから構成されている。定容燃焼容器には燃焼現象観察用に石英ガラス製の観察窓を設けた。点火装置系は点火時期調節を行うことを目的とし、CDI 式点火装置、イグニッションコイル、DC パワーサプライから構成されている。計測装置系は圧力センサ、電流プローブ、チャージアンプ、オシロスコープ、シーケンサーから構成される。光学装置系は高速カメラを用いて点火と燃焼過程の撮影を行う。実験で使用した点火プラグを Fig.2 に示す。A プラグは衝撃波エネルギー回収を狙った球状ドームフランジを搭載した点火プラグである。B プラグは点火プラグであり、半球形ドーム形フランジを付けた点火プラグである。どちらも棒状電極で、上部、内部フランジ共に内径 4mm、の半球形状である。C は標準電極プラグである。

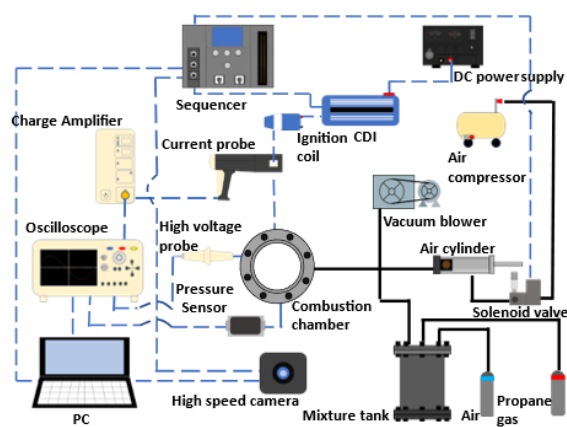


Fig. 1 Experimental apparatus for spark ignition test

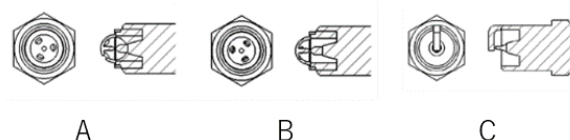


Fig.2 Details of spark plugs

Ignition characteristics and flame spread behavior of flanged spark plugs using swirling flow field

Ryoichi YOSHIDA, Yusuke SUGANUMA and Hiroshi NOMURA

実験方法は燃料にプロパンを使用し、タンクに任意の当量比で作成した混合気を作成後、燃焼容器内、配管、エアシリンダを真空ポンプで一旦真空にし、混合気に置換した後、エアシリンダを作動させて旋回流を生成した。火花間隙位置での旋回流速を流量調整弁で調整し、シーケンサーを使いエアシリンダ制御、カメラの録画、点火時期を一括制御し点火タイミングを旋回流速が最大となるところで放電するようになっている。また、燃焼時に定容燃焼容器内に発生する燃焼による圧力を燃焼容器に取り付けてある圧力センサから計測しオシロスコープにて圧力履歴を取得する。

実験は標準プラグとの比較のため、このプラグが点火する最低条件である当量比 0.9, 旋回流速 11.9m/s で実施した。

3. 実験結果・考察

各点火プラグの燃焼過程をハイスピードカメラによって直接撮影した連続写真をFig.3に示す。点火開始を0秒として撮影を行い旋回流は反時計回りである。プラグは燃焼容器の中央左部分にあり、さらにその左が壁面である。撮影時の圧力履歴をFig.4に示す。Fig.3ではA,Bのプラグはフランジ上部に空いた穴から火炎が噴出していることが詳細に観察でき、Cの標準プラグも3.25msあたりで火炎核が確認できる。Fig.3よりドームフランジ付きと標準プラグで混合気へ点火してから燃え広がる早さを比較するとフランジ付き点火プラグの方が、通常のプラグより早いことが確認できる。Fig.4で圧力履歴を比較してもフランジ付き点火プラグの最大圧力が高いことが確認でき、これは衝撃波エネルギー回収効果と流動抑制効果によるものと考えられる。AとBの二つのプラグをFig.3における時刻を2.5msで比較すると、導通孔から噴き出す火炎の大きさがBの方が

大きく噴き出している。また、Fig.4で比較するとBの方が燃焼の立ち上がり早く、最大圧力も大きい結果が得られた。ドーム内部の圧力がBの方が高まり主室との差圧が大きくなることにより、高圧の既燃ガスが噴口から大きく主室に燃え広がることで燃焼の促進に効果があったと考えられる。Aは、衝撃波回収を大きく狙ったものであったが、ガスポケット容積が小さく壁面を介して熱損失が大きくなってしまったと考えられる。

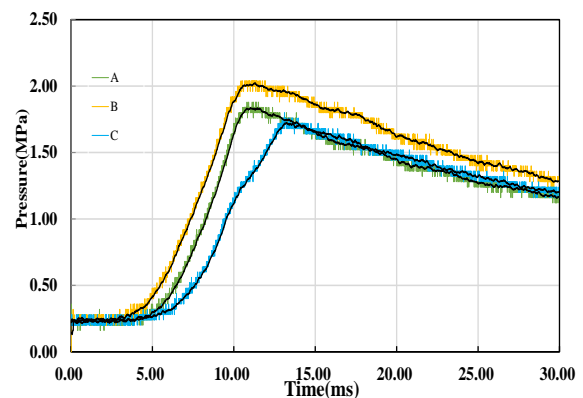


Fig.4 Combustion pressure history

4. 結言

実機を模擬した旋回流動場においてドーム形フランジ付き点火プラグの点火・燃焼特性について調べた結果、以下の知見を得た。

1. 両側球面形状は片側球面形状と比較してガスポケット容積が減少するため、熱損失が増大し最大圧力が減少する。

参考文献

- 1) 桂 拓未, 野村 浩司, 山崎 博司, 氏家 康成 日本機械学会 2016年度年次大会 2016巻 G0700304

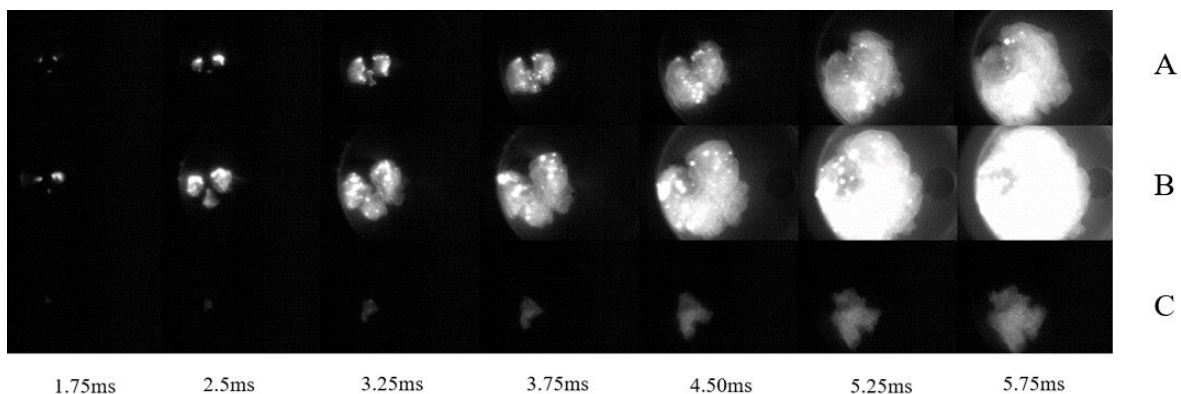


Fig.3 High speed photography of Dome flanged spark plugs