

# 流動場における火花放電時の放電路の移動速度に及ぼす圧力の影響

日大生産工(院) ○文 鉉太 日大生産工(院) 池本 崇記  
日大生産 今村 宰 岩田 和也 秋濱 一弘

## 1. まえがき

近年、環境問題や燃料の枯渇への不安といった問題から、自動車エンジンにおいては熱効率の向上が喫緊の課題である。現在のガソリンエンジンの熱効率は、ハイブリッド車用エンジンを中心に39%程度にまで高まってきており、採用されている技術としては、内燃機関の有効仕事を高めるための高膨張比化技術やノック改善と冷却損失低減を両立させるためのCooled EGR(Exhaust Gas Recirculation)技術、そして低摩擦化技術などがある。また作動ガスの比熱比を高める希薄燃焼運転においては、希薄燃焼限界を拡大させることで火炎温度が下がるため冷却損失の低減に繋がる。他方で、リーンバーンでは火炎伝播の低下や点火不良を起こすとされているため、安定した点火が必要とされている。特にリーンバーンでは燃焼速度の向上のために強い流動が加えられることがあり、進角化と相まって非常に強い流動場中における点火が要求される。以上のような背景から本研究では流動場における火花放電に着目した。特に流動場によって火花放電が引き伸ばされることが知られており、火花放電の引き伸ばし、放電路変化に与える圧力の影響について検討を行った。

## 2. 実験装置および条件

実験の概要図をFig.1に示す。この図に示されるようにガスボンベからバッファタンクに混合気が一度貯められ、バッファタンクから定断面積の流路内に混合ガスを導入し、その流路内で火花放電を行える実験装置となっている。実験の開始は流路に挿入されている電磁弁の開閉で実施し、流路は直径25mmの円形断面積である。流量は点火プラグ前後にオリフィスを挿入することで流量の調整を行っている。温度や気体種が一定でオリフィスでチョークしていれば、質量流量は圧力に比例するため、体積流

量すなわち流速はオリフィス径によって決まる。本報では上流側にはオリフィスを挿入せず、下流側にのみオリフィスを挿入して実験を行った。本研究では、いずれの場合においても流路の断面積の中央に点火プラグのギャップが来るように調整されている。点火プラグから上230mmの定断面積区間が設けられている。イグニションコイルは文献[1]に示されているものと同様なものを用いており、10個のイグニションコイルを2直5並列に接続している。本報では、すべてのイグニションコイルに4msの充電時間を与えている。放電時の様子を高速度カメラ(Phantom M310)にて、35000fpsにてモノクロ撮影した。

実験の手法であるが、始めに気体をバッファタンクに貯める。本報では試験ガスは空気である。ディレイパルスジェネレーターからの信号をもとに電磁弁を開き、流動を生じさせる。その後、イグニションコイルに充電し、点火プラグに火花放電を生じさせる。放電の様子を高速度カメラで撮影するとともに、電流、電圧および圧力変化をオシロスコープにて計測した。

## 3. 実験結果および考察

Fig. 2に典型的な放電写真を示す。図においては左方向から右方向に向かい空気流速が流れている。この図に示されるように空気流速によって放電路が空気流動の下流側に流れていることがわかる。放電路はある程度、流れ方向に延ばされていくと切断され、放電路長が短くなる。電極間の電圧はある電圧になると、放電路が短くなるのと同時に電圧が降下する。ここではこの電圧をリストライク電圧  $V_R$  として定義する。リストライク電圧  $V_R$  を圧力の関数としてまとめたものがFig. 3 である。データ数が十分とは言えないが、基本的にはリストライク電圧は圧力の上昇とともに上昇していく傾向にある。また流速の効果としては、流速が速く

Effect of Pressure on Moving Speed of Discharge Path during Spark Discharge in Flow Field

Genta BUN, Takaki IKEMOTO, Osamu IMAMURA,  
Kazuya IWATA, Kazuhiro AKIHAMA

なるにつれて、リストライク電圧は上昇する傾向にある。この傾向は過去に得られている知見[2]とも定量的にも合致するが、本報においては特に20m/sを超えるような流動の場合、リストライク電圧が流速の影響を受けることが示唆されている。また1MPa、20m/s程度の条件についてはデータが不足しており、今後、実験装置を改良して取得予定である。

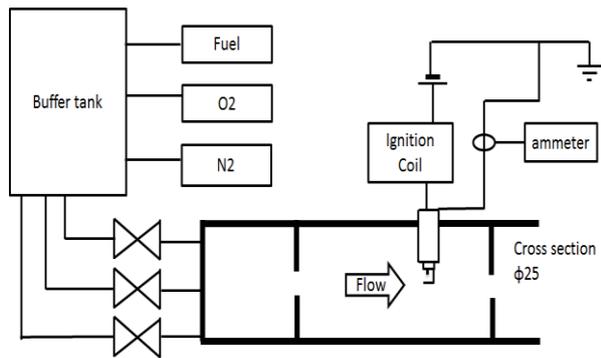


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

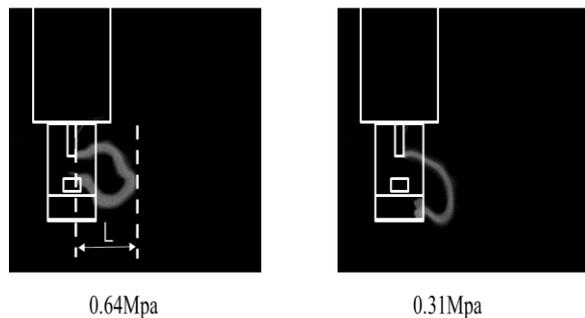


Fig.2 Typical image of discharge channels

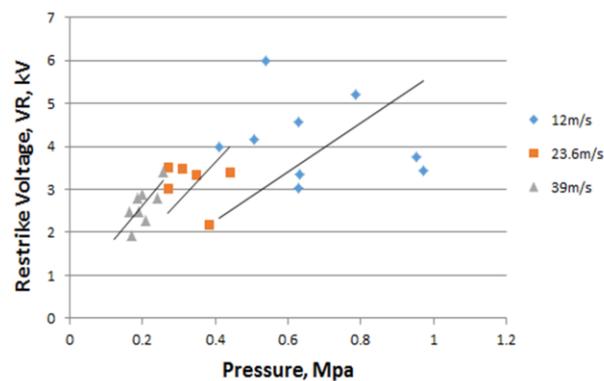


Fig.3 Relationship between gas pressure and restrike voltages

次に放電路の移動距離を調べた。移動距離の定義はFig.2中のLである。Fig.4は放電路の移動距離の時間履歴を示したものである。図に示されるように、本報で示した圧力範囲においては、ほぼ線形に移動距離が移動している

ことがわかる。Fig. 4はオリフィス径が一定であるので、空気流速は15m/s程度と見積もられる。実験精度上、かなりのばらつきがあるものの、およそ圧力の上昇にともなって放電路の移動速度は上昇している。これから圧力の上昇に伴って周囲に流速への追従性が上がっていることがわかる。その追従率は80%程度である。このような傾向は文献[2]で報告されている内容とほぼ一致しており、文献にて示されている流速よりも、より高速においても追従性の傾向が合致することが示された。

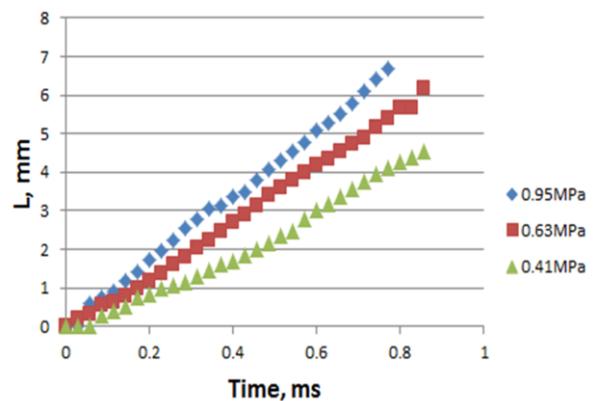


Fig.4 Time histories of distance between the tip of discharge channel and the center of electrode, L, in various pressure ( $\phi=5$ )

#### 4. まとめ

一様流速を生じさせることができる実験装置を用いて、空気流動中における火花放電の放電路の変形挙動について実験的に把握を行った。その結果として明らかになったことは以下のとおりである。

- ・流動による放電路の延伸に伴って、放電電圧が上昇する。放電路が切断される電圧は圧力の上昇および流速の上昇に伴い上昇していく傾向にある。
- ・放電路は流動に追従して延伸するが、その先端の移動速度は時間に対してはほぼ一定であり、流速が一定であれば圧力の上昇に伴って大きくなる傾向にある。これは圧力の上昇に伴って周囲への流動の追従性が向上する。

#### 参考文献

1. 鄭棟元他, 第27回内燃機関シンポジウム講演予稿集, 講演番号6 (2016)
2. 白石泰介他, 自動車技術会論文集 46(2), (2015) 283-288