

気流中における針対針電極間の放電特性に関する研究

日大生産工 ○今村 幸
日大生産工(院) 池本 崇記
日大生産工 秋濱 一弘

1 まえがき

昨今のエネルギー、環境問題から更なるエネルギー効率の向上が求められており、自動車用のエンジンについても環境適合性とともにより低燃費化が求められている。資源エネルギー庁の総合エネルギー統計によれば、2014年度においても運輸部門のエネルギー源の半数以上はガソリンであり、ガソリンエンジンには更なる高効率化が求められている。ガソリンエンジンの熱効率の向上策としてリーンバーンがあるが、リーンバーンでは乱流燃焼速度を高めて燃焼機関を短縮する必要がある。特に高希釈化が進むと要求される流動が強くなり、あわせて点火時期が進角することから、安定して点火することが困難になってくる。点火においては火花放電によって予混合気に加えられたエネルギーがプラズマを介して予混合気に火炎核を生成するわけであるが、この過程におけるプラズマの挙動は、現象の理解のために必要である。特に、流動がある場合には、放電した放電路が流動によって引き伸ばされ、場合によっては放電が維持できなくなり、その後に再放電するような現象も観察される。流動による放電路の変形は、抵抗値の増加をもたらすため放電中における電圧、電流プロファイルや放電時間に時間を与える。しかしながら、このような流動が火花放電に及ぼす影響に関する基礎研究は、一部を除いて統計的には行われていない。このような観点から、本研究では空気の流動による放電経路の変化が電流、電圧プロファイルに与える影響について、針対針電極を用いて基礎的な知見から調べるものである。

2 実験方法および測定方法

実験の概要図をFig.1に示す。この図に示されるように40mm×10mmの矩形断面にガスボンベから空気を流入させ、上流の圧力を調整することで矩形の管路内の流動を調整できるようにしている。流速は矩形流路の下流にて

熱線風速計にて計測している。矩形路には一定断面となつてからおよそ200mm下流に針対針電極を設置した。針電極は直径3mmのアルミニウムの丸棒の先端を頭頂角がおよそ120度となるように加工したものであり、電極間隔を調整できるようになっている。電極は自動車用のイグニッションコイルに接続されており、12Vのバッテリーとパルスジェネレーターからの信号によって電極間に放電を生じさせる構造となっている。電極間の電圧および回路に流れる電流をオシロスコープを用いて計測した。また放電の様子を高速度カメラにて10000fpsにて撮影し放電路の変形の様子を合わせ取得した。流速は0～25m/sとし、イグニッションコイルへの充電時間は4msとして実験を行った。

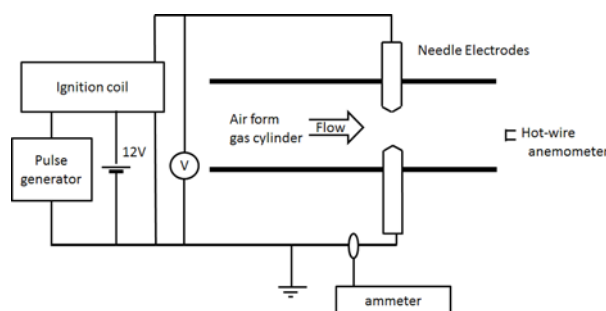


図1 実験装置の概要図

3 実験結果および考察

図2に典型的な放電写真を示す。図より静止場においては針電極間で直線的な放電路が形成されていることがわかる。図には上方から流速12.5m/sの流動がある場合の連続写真も掲載されており、この図に示されるように流動によって放電路が下流へと流されている様子が見て取れる。またこの条件においては放電開始から0.8ms後に放電路が切断され、新たに直線的な放電路が再形成させていることがわかる。このような放電時における電流および電圧の時

A Study on the Discharge Characteristics between Needle Electrodes in the Uniform Air Flow

Osamu IMAMURA, Takaki IKEMOTO, and Kazuhiro AKIHAMA

間履歴を示したもので図3である。流速は7.5m/sである。放電はおよそ4msの間継続しており、流動による乱れはあるものの、電流がほぼ直線的に減少していることがわかる。放電電圧は初期の非常に短い時間(<0.1ms)を除いては大きくは変化していないことがわかる。

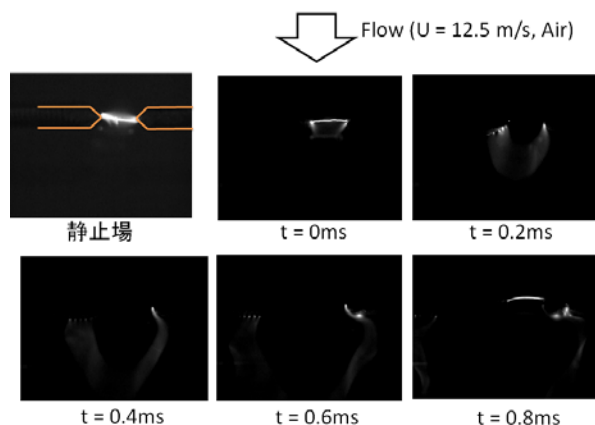


図2 典型的な放電写真

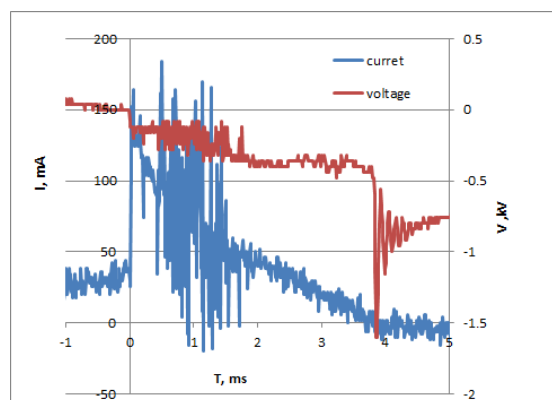


図3 電圧および電流の時間履歴

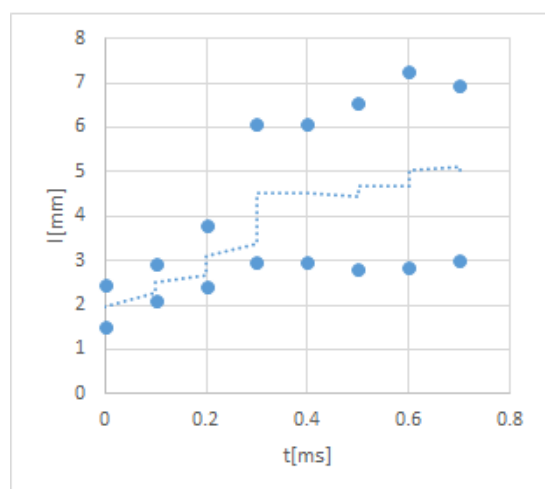


図4 放電路の長さの時間変化

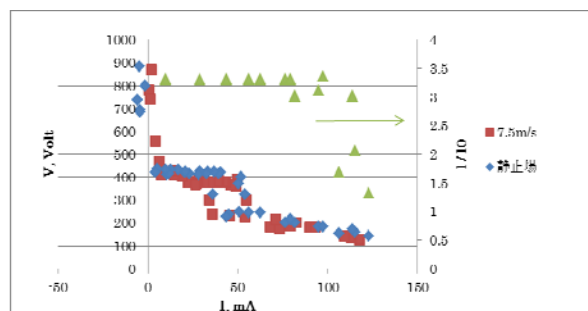


図5 放電中における電流、電圧の関係

放電経路との相関を調べるため、図3と同じ条件において、図2に示したような放電路の写真から自発光のある領域の外周（最長距離）と内周（最短距離）を調べ、それを時間の関数としてグラフ化したものが図4である。このように放電路の長さは時間とともに増加しており、各時間における外周と内周の中間値を放電路長さとして定義した。その放電路長さと電圧および電流との関係を整理したものが図5である。放電路が伸びると電気抵抗が大きくなるため、電流が一定であればその条件における電圧は高くなるはずであるが、本実験結果はそれと逆の傾向を示している。これは大気圧下で放電路の幅が広いことと関係していると思われる、大気圧下の条件においては放電長さだけでなく放電路幅もパラメータとして考慮しないといけものと思われる。

4 まとめ

空気流動場が放電路の変形に及ぼす影響について調べるため、針対針電極を用いて空気流動中における放電経路の変形と、そのときの電流、電圧プロファイルについて実験的に調べた。放電路長の変化に伴う抵抗値の増加だけでは電流、電圧間の関係を説明できず、大気圧条件下においては放電路幅もパラメータとして考慮する必要があることが示唆された。

「参考文献」

- 1) 白石 泰介, 寺地 淳, 森吉 泰生, スパーク放電チャンネル形成に関する点火環境および放電波形特性の影響解析
自動車技術会論文集 46(2), (2015) 283-288