

K2-43

## 電界による火炎制御に関する研究

### Study on Flame Behavior Control by the Electric Field

松嶋陽一<sup>1</sup>, 水越章<sup>1</sup>, ○森友城<sup>1</sup>, 吉田幸司<sup>2</sup>Yoichi Matsushima<sup>1</sup>, Akira Mizukoshi<sup>1</sup>, \*Yuki Mori<sup>1</sup>, Koji Yoshida<sup>2</sup>

Abstract: This study attempted to control the flame propagation behavior by the high voltage electric field application and to perform the thin air-layer between flame and combustion chamber surface for prevention of heat loss. In constant volume combustion chamber tests, it was assumed that the eddy current would be generated by the deviation of charged particles in the flame. However, the magnetic force wasn't detected, though the high voltage electric field was applied. In gasoline engine running tests, the high voltage electric field didn't influence engine performance. Therefore, the thin air-layer couldn't be formed even the high voltage electric field was applied.

#### 1. まえがき

火炎は弱電離プラズマであるため、電場が燃焼に与える影響について研究されている。<sup>(1)</sup>本研究では、高電圧電界を用いて予混合火炎伝播を制御し、熱損失低減のため火炎面が燃焼室壁に到達する直前に火炎面と燃焼室壁間に断熱空気層を形成することを目的とした。実験では、定容燃焼容器及び 2 ストロークガソリン機関を用いた燃焼実験を行った。定容容器実験では正極性高電圧を印加し、火炎面近接による容器底部接地電極での磁界発生を確認し、また燃焼室上部針状電極と下部平板電極への同時電圧印加の有効性を確認した。エンジン実験では、燃焼室上部に設置した針状電極に高電圧を印加し、燃焼室壁面全体を接地電極とした場合の機関性能を測定した。

#### 2. 実験装置及び方法

定容燃焼容器の燃焼室は、縦、横、高さ 50 [mm]、容積 125 [cm<sup>3</sup>]であり、側面に可視化のためのガラス観測窓、燃焼室上部に燃焼室上面より 12.5 [mm](燃焼室高さの 1/4)突出した針状電極、下部に平板電極を設置した。実験では、当量比 1.0 のプロパン—空気予混合気を使用し、レーザー誘起ブレイクダウンで燃焼室中央にて着火した。火炎伝播過程はシュリーレン法にて可視化し、燃焼室内圧力を測定した。正極性高電圧印加実験では、上部針状電極に印加時間 2 [ms]のパルス高電圧を印加し、下部平板電極を接地電極とし、磁気センサ(DRV5053-Q1)を下部平板電極中央に設置した。なお、磁気センサの感度は 90 [mV/mT]、飽和点は 9 [mT]である。電圧は 8 及び 16 [kV]とし、パルス電界の開始時刻は着火後 4 [ms]から 2 [ms]毎遅らせた。上下両電極高電圧印加実験では、上部針状電極及び下部平板電極に同時に高電圧を印加し、パルス高電圧及び 2 [kV]から 20 [kV]まで 2 [kV]毎直流高電圧(DC 電圧)を印加した。実験では、2 ストロークガソリン機関の燃焼室を

定容容器を模した砲弾型(圧縮比 7, 10)とし、高電圧電極は燃焼室上部に針状電極を圧縮比 7 の場合 8.8 [mm]、圧縮比 10 の場合 7.7 [mm](燃焼室高さの 1/4)突出して設置し、全燃焼室壁面を接地電極とした。点火電極は、燃焼室中央に放電間隔 1.0 [mm]で取り付けられた。回転数 1200, 1500 [rpm]、当量比 0.6, 1.0 にて、点火時から上部針状電極に 2, 4, 6, 8 [kV]の DC 電圧を印加した。

#### 3. 実験結果及び考察

正極性高電圧印加実験では、火炎に正極性高電圧を印加すると移動度の高い火炎面の電子が高電圧電極に集中し、火炎底部に正イオンが残留すると考えた。正極性に帯電した火炎が平板電極へ近接することで平板電極に誘導電流が発生し、磁界が生成すると考えた。また誘導電流による反力によって火炎が反発し、断熱空気層が形成されると考えた。しかし、どの実験条件においても、磁界発生を確認できなかった。図 1 に、最大燃焼圧力と燃焼時間を示す。燃焼時間の短縮と共に最高燃焼圧力は増加するが、電界は最高燃焼圧力に明確な影響は与えない。よって、正極性高電圧により、断熱空気層形成による燃焼圧力の改善は確認できない。

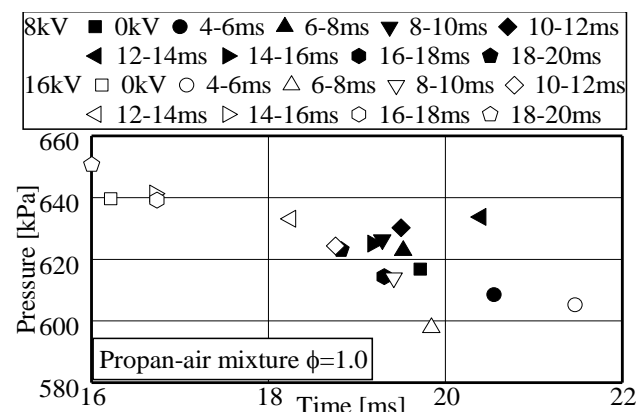


Figure 1. Relationship between maximum combustion pressure and combustion duration.

上下両電極高電圧印加実験では、高電圧電界により火炎底部に正イオンが偏在すると仮定し、下部平板電極にも高電圧を印加することで、火炎面と平板電極間に斥力を作用させ、断熱空気層形成を試みた。図 2 に通常燃焼、点火後 8 [kV] の DC 高電圧または 8-10 [ms] 間でパルス高電圧を印加した場合の火炎画像を示し、図 3 に DC 高電圧を印加した場合の燃焼圧力波形を示す。上下両電極に高電圧を印加しても、火炎面及び燃焼圧力に影響は現れない。これは、電極間の電位差がなくなり、正イオンが火炎中に偏在せず、火炎面と平板電極間に斥力が作用しなかったためと考えられる。

実機実験結果として、図 4 に回転数 1200[rpm]、圧縮比 7 において DC 高電圧を印加した場合の指圧線図を示し、図 5 に正味平均有効圧力と正味熱効率を印加電圧に対して示す。当量比 0.6, 1.0 とともに、DC 高電圧は指圧線図に影響を与えない。正味平均有効圧力と正味熱効率ともに誤差範囲内の変動のみが示され、どの回

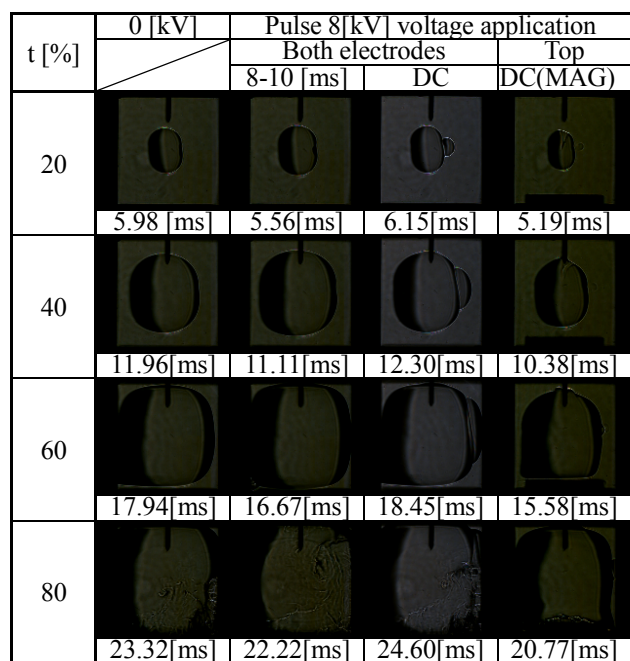


Figure 2. Images of flame propagation.

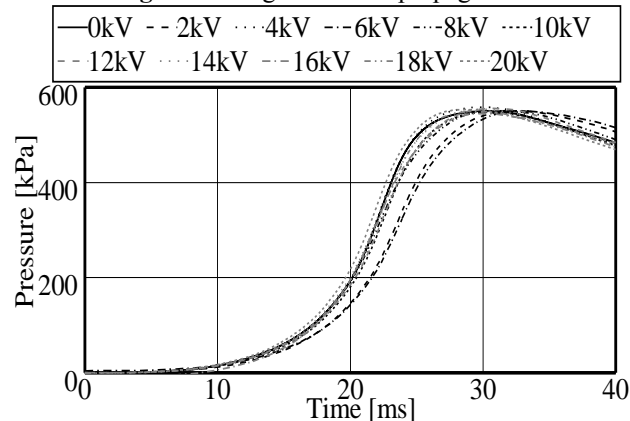


Figure 3. Combustion pressure record.

転数、圧縮比及び当量比においても DC 高電圧電界は機関性能へ影響を与えない。これは、機関内の燃焼は定容容器燃焼に比べ燃焼時間が短く、また燃焼室内は強度の乱流場のため、高電圧電界の影響が出にくく、機関性能を改善することができないためと考えられる。

4. 結論

正極性高電圧印加実験にて、平板電極上に磁界発生は確認できない。上下両電極に同時に高電圧を印加しても、火炎伝ばは変化しない。実機実験においても、機関性能は高電圧の影響を受けない。よって、高電圧電界により、断熱空気層の形成はできない。

5. 参考文献

- (1) 新井他：機論, Vol.64, No.627, pp.3881-3887, (2000)

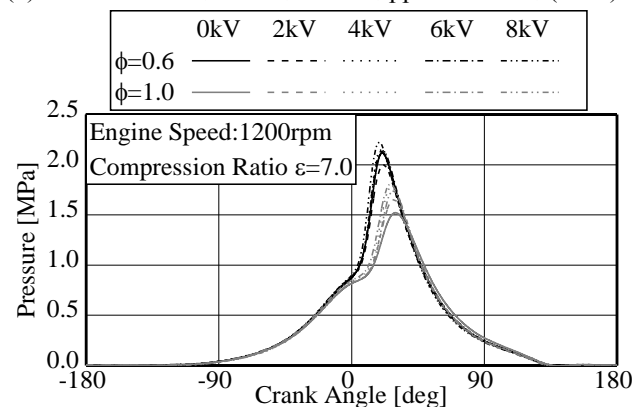


Figure 4. Indicator diagram.

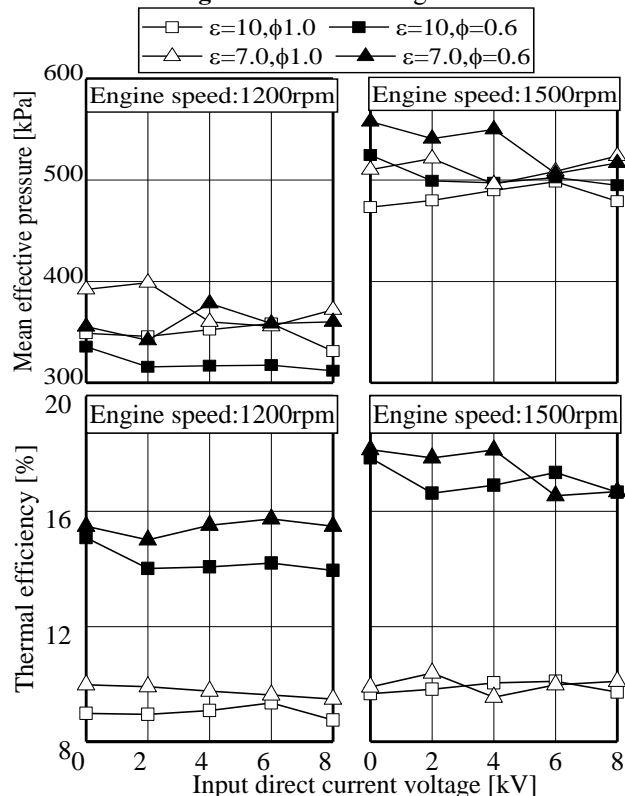


Figure 5. Engine performance.