

K2-64

電界が予混合火炎伝ばに与える影響

-n-ペンタンを燃料とした場合-

Effects of Electric Field on Pre-Mixed Flame Propagation
- In Case of n-Pentane as a Fuel -加瀬 宗一郎¹, ○宮原 渉¹, 吉田 幸司²
Soichiro Kase¹, *Wataru Miyahara¹, Koji Yoshida²

Abstract: This study explored the flame propagation behavior of n-pentane-air mixture under the application of uniform and non-uniform positive and negative electric fields. When the both polarities of uniform electric field were applied, the flame front was enlarged toward upward and downward directions and no turbulence was observed at any voltages. When the input voltage of non-uniform electric field was lower than the corona discharging voltage, the flame front was enlarged as same as uniform electric field. When corona discharge was occurred, the flame front moved to downward direction and the turbulence was generated on the flame front and the combustion was enhanced.

1. まえがき

火炎は弱電離プラズマであり、電場が燃焼に与える影響について多く研究されている。^{[1][2]}本研究では、高級炭化水素燃料において火炎中にイオンが多く発生し、電界が燃焼に与える影響が強いと仮定し、量論比の n-ペンタン-空気混合気を用い、正及び負極性の平等及び不平等電界が予混合火炎伝ばに及ぼす影響を火炎伝ば過程の可視化画像及び燃焼圧力から明らかにした。

2. 実験装置及び方法

燃焼室は各辺 50 [mm]の立方体で、平等及び不平等電界を発生させるため上部に針状及び平板電極を、下部にアース極として平板電極を設置した。上部電極に直流高電圧を印加し、燃焼室内に電界を発生させた。可燃性混合気は、量論比の n-ペンタン-空気予混合気である。電圧は、0 [kV]から±20 [kV]まで±2 [kV]毎増加させた。n-ペンタンの沸点が 36.07 [°C]であるため、混合気作成装置内で液体 n-ペンタンを気化させ、混合気を作成した。混合気を常温、大気圧下で燃焼室内に充填し、Nd:YAG レーザー光にて着火した。火炎伝ば過程はシュリーレン法で可視化し、ハイスピードカメラで撮影した。また、燃焼室内圧力を測定した。

3. 実験結果及び考察

図 1 に、電圧 0 [kV], 平等及び不平等電界電圧±10 及び±20 [kV]での火炎伝ば過程を示す。通常燃焼では球状に層流火炎が伝ばし、正及び負極性平等電界では火炎面は上下に伸長する。正及び負極性不平等電界も電圧±10 [kV]では平等電界と同様に火炎は伸長する。しかし、電圧±20 [kV]では火炎核は下方向に移動し、

火炎面に乱れが生じる。これは、コロナ風により火炎が移動し、電界によってしわが増幅されたためである。

図 2 に印加電圧 0 [kV]及び±20 [kV]を与えた場合の燃焼圧力波形を示す。平等電界では、正及び負極性とも通常燃焼と比較して最大燃焼圧力が低下する。これは火炎が上下方向に伸長し、早期に電極に到達し熱損失が増加したためである。不平等電界では、正及び負極性とも通常燃焼と比較して燃焼期間が短縮する。こ

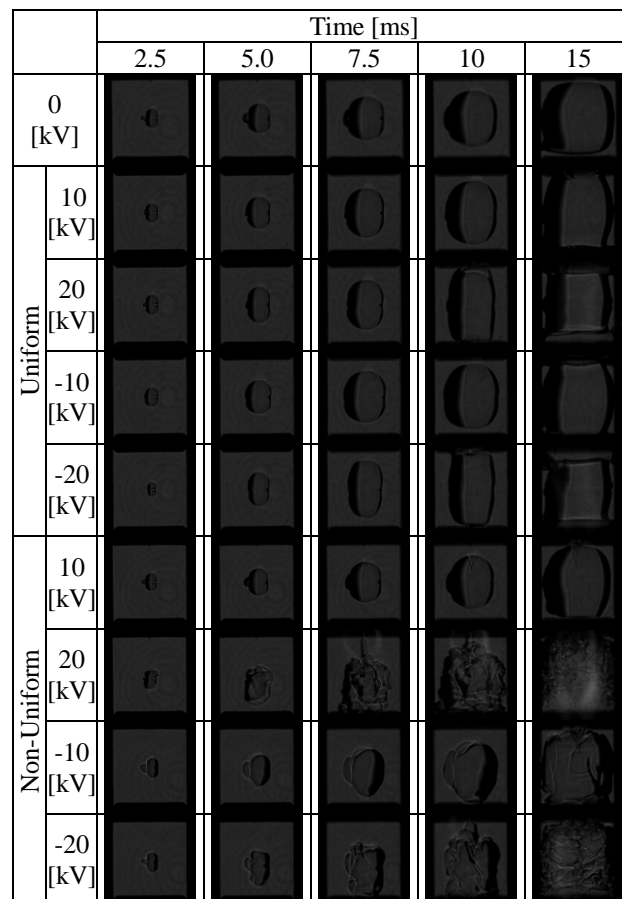


Figure 1. Images of flame propagation.

これはコロナ風により発生したしわが電界によって増加し、燃焼が促進したためである。また、最大燃焼圧力は、正極性は通常燃焼と同等であるものの、負極性ではコロナ風による燃焼促進効果によって増加する。

図 3 に、上下方向火炎伝ば速度比と印加電圧の関係を示す。上下方向火炎伝ば速度比は、上下方向火炎伝ば速度を通常燃焼時の上下方向火炎伝ば速度で除し、無次元化したものである。平等電界では、正及び負極性共に上下方向の火炎伝ば速度比は電圧の増加に従い増加する。これは、電界により火炎核が上下方向に引き寄せられたためである。不平等電界では、電圧 12 [kV] 以上で、火炎伝ば速度比は上方向で減少し、下方向で増加する。これは、電界によって発生したコロナ風によって火炎核全体が下方向に移動したためである。

図 4 に圧力上昇率比と印加電圧の関係を示す。圧力上昇率比は、最大燃焼圧力の 10 [%] から 90 [%] における圧力上昇率を通常燃焼の場合で除し無次元化したものである。平等電界は、正及び負極性共に電圧は圧力上昇率比に影響を与えない。不平等電界では、圧力上昇率比は電圧 ±12 [kV] 付近まで影響を受けないものの、電圧 ±12 [kV] 以上では電圧の増加に従って増加する。これは電圧 ±12 [kV] 以上でコロナ放電が発生し、コロナ風により燃焼が促進されたためである。

図 5 に燃焼促進率と印加電圧の関係を示す。燃焼促進率 Ψ は、通常燃焼期間 t_{con} と燃焼期間 t から $\Psi = 1 - t/t_{con}$ と定義し、燃焼期間は燃焼圧力波形の着火点から最大圧力点までの時間とした。平等電界では燃焼促進効果はほとんど見られないものの、不平等電界では正及び負極性共に電圧 ±12 [kV] 付近から電圧の増加に従って燃焼促進率は増加する。従って、高級炭化水素を燃料とした場合、火炎中に多くのイオンが発生し、平等電界では火炎形状が伸長し、不平等電界により発生するコロナ風と電界の影響により燃焼が促進される。

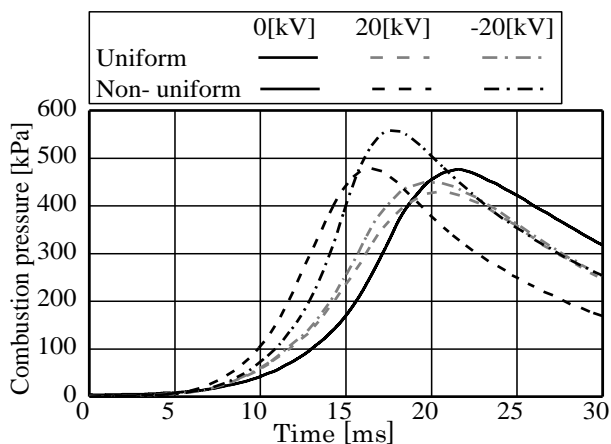


Figure 2. Combustion pressure record

4. 結論

n-ペンタン-空気予混合火炎は、正及び負極性平等電界により火炎形状は変形するものの、燃焼期間はほとんど影響を受けない。正及び負極性不平等電界の場合、コロナ風が発生する電圧 ±12 [kV] 以上では、コロナ風によって火炎面上にしわが発生し、電界が火炎面上の乱れを増加することで燃焼が促進する。従って、高級炭化水素燃料の場合、電界の影響を強く受ける。

5. 参考文献

- [1] 新井他:機論, B, Vol.64, No.627, pp3881, 2000
- [2] 森屋他:機論, B, Vol.77, No.777, 1279-1287, 2011

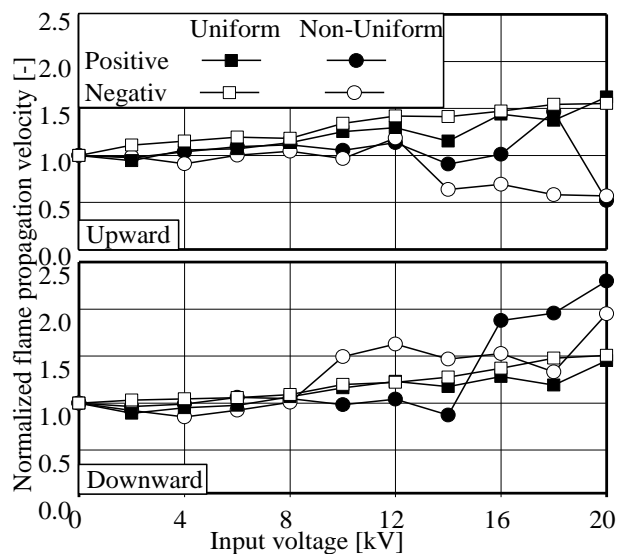


Figure 3. Normalized upward and down direction flame propagation velocities ratio.

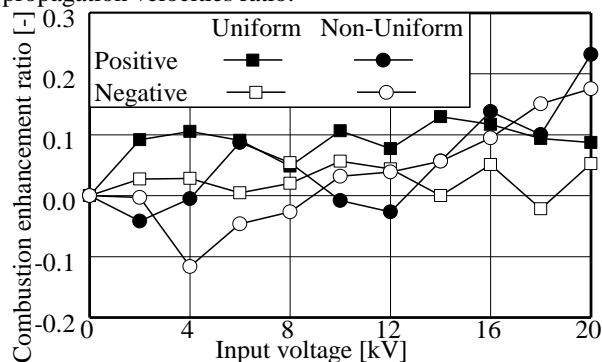


Figure 4. Normalized pressure increasing ratio.

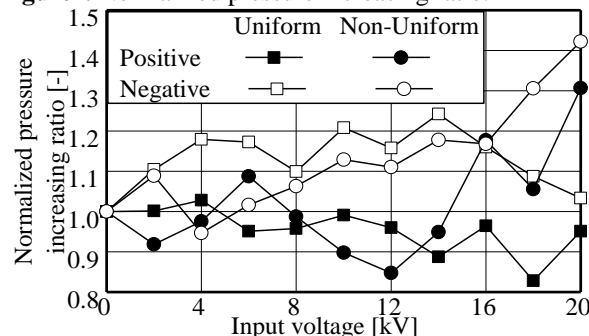


Figure 5. Combustion enhancement ratio.