

不平等電界が予混合火炎伝ばに及ぼす影響 Effects of Non-Uniform Electric Field on Premixed Flame Propagation

○染谷 圭一¹, 戸辺 拓也¹, 宮越 拓也¹, 吉田 幸司²
*Keiichi Someya¹, Takuya Tobe¹, Takuya Miyakoshi¹, Koji Yoshida²

The purpose of this study is to elucidate the flame propagation behavior of three mixtures under application of non-uniform electric field. Test fuels were hydrogen, methane and propane, and flame propagation of three mixtures were equal in velocity. When the positive polarity non-uniform electric field was applied to hydrogen mixture, the flame propagation was enhanced because wrinkles on flame were increased by the corona wind. For propane mixture, the corona wind generated the wrinkle on the flame and wrinkles were enhanced by electric field because a lot of ions were included. However, in case of methane mixture, the flame was merely deformed.

1. まえがき

火炎はイオンや電子等荷電粒子を含む弱電離プラズマであるため、電場が燃焼に与える影響が多く研究されている。^[1]本研究は、コロナ放電を含む不平等電界が定容容器内の予混合伝ばに与える影響を明らかにすることを目的とした。実験において、当量比を変更し燃焼容器内の火炎伝ば期間を同一とした3種類の予混合気を用いて、正及び負極性不平等電界が火炎伝ばに与える影響を火炎面挙動と圧力解析から求めた。

2. 実験装置及び方法

燃焼室は、縦、横、高さ 50 [mm]の立方体であり、不平等及び平等電界を発生させるため燃焼室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。印加電圧は 0 [kV]から±20 [kV]まで±2 [kV]毎増加させた。メタン及びプロパン-空気予混合気の当量比を 1.05 及び 0.9 とし、本装置での水素予混合気の希薄可燃限界である当量比 0.4 の燃焼期間と同一した。混合気は常温、大気圧にて燃焼室内に充填し、Nd:YAG レーザー光のブレイクダウンにより着火し、炎伝ば過程の可視化及び燃焼圧力を測定した。

3. 実験結果及び考察

図 1 に印加電圧 0 [kV](通常燃焼), 不平等電界±20 [kV]を与えた場合の火炎伝ば過程を示す。どの混合気も通常燃焼では球状に層流火炎が伝ばする。正極性不平等電界を与えると、水素-空気混合気の場合、ブラシコロナ放電によって発生したコロナ風が選択拡散によって発生した火炎面上のしわを増大し、火炎核が下方方向に移動する。メタン-空気混合気では、火炎面が燃焼室上下に伸長され、プロパン-空気混合気は火炎にしわが発生する。負極性不平等電界を与えた場合、メタン

及びプロパン-空気混合気の場合、正極性とほぼ同様に火炎伝ばするものの、水素-空気予混合気の場合、火炎は電界の影響をほとんど受けない。これは、水素火炎の場合イオンがほとんど発生しないためと考えられる。

図 2 に、正及び負極性不平等電界±20 [kV]を与えた場合と通常燃焼の圧力波形を示す。水素-空気予混合気に正極性不平等電界を与えると、火炎面上の乱れがコロナ風によって増加するため、燃焼期間が短くなる。

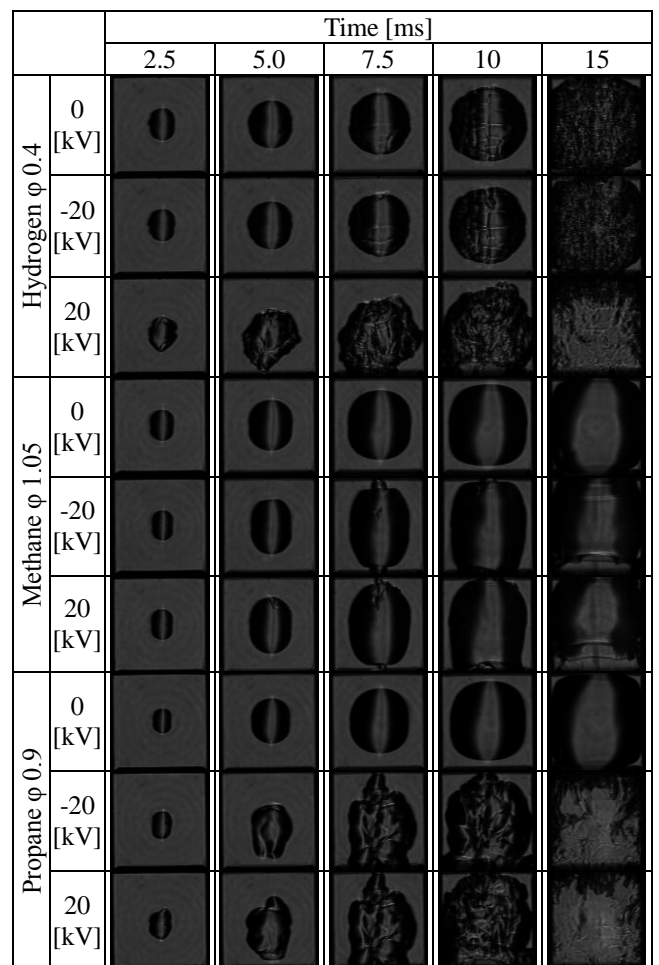


Figure.1 Images of flame propagation.

1 : 日大理工・学部・機械 2 : 日大理工・教員・機械

メタン-空気予混合気の場合、火炎形状は変化するものの、正及び負極性不平等電界は燃焼期間にほとんど影響を与えない。プロパン-空気予混合気は、正及び負極性不平等電界を印加した場合とも燃焼が促進される。

図 3 に、上下方向火炎伝ば速度を通常燃焼の火炎伝ば速度で除し無次元化した上下方向火炎伝ば速度比と印加電圧の関係を示す。水素-空気予混合気の場合、印加電圧増加に伴い正極性では上方向火炎伝ば速度比は減少し、下方向は増加する。これは、正極性の場合、強い正性コロナ風が発生するためである。メタン-空気予混合気の場合、正及び負極性不平等電界によって、上下の火炎伝ば速度比は増加し、プロパン-空気予混合気は、下方向火炎伝ば速度比が増加する。

図 4 に、印加電圧に対する燃焼促進率 ϕ を示す。燃焼促進率は、各電圧における燃焼期間 t 、通常燃焼の燃焼期間 t_0 より $\phi=1-t/t_0$ とする。水素-空気予混合気の場合、正極性不平等電界 12 [kV] 以降で燃焼促進率は増加するものの、負極性では印加電圧の影響を受けない。プロパン-空気予混合気の場合、正及び負極性共に、燃焼促進率は電圧の増加に伴い増加する。

図 5 に、平等及び不平等電界の正及び負極性印加電圧 ± 20 [kV] を与えた場合の圧力波形を示す。すべての混合気に対して平等電界を与えても、燃焼圧力波形はほとんど影響を受けず、通常燃焼とほぼ同様である。よって、メタン-空気予混合気の場合、電界によって火炎は変形するものの火炎伝ば速度は変化せず、プロパン-空気予混合気の場合はメタン-空気予混合気と比較して多くのイオンが火炎中に発生し、コロナ風によって発生したしわが電界によって増加すると考えられる。

4. 結論

水素-空気予混合気の燃焼は電界の影響をほとんど受けず、燃焼は正性コロナ風によって促進される。メ

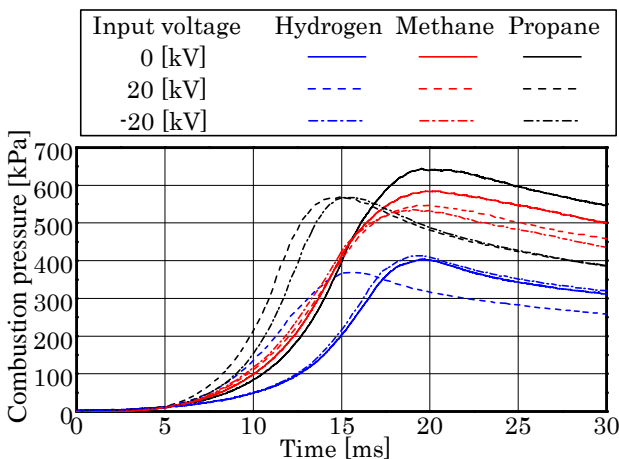


Figure.3 Combustion pressure record.

タン-空気予混合気の場合、電界によって火炎が電極方向へ伸張するものの、燃焼はさほど促進されない。プロパン-空気予混合気の場合、コロナ風及び電界によって正及び負極性不平等電界とも燃焼が促進する。

5. 参考文献

[1] 新井他：「機論」, Vol.64, B, No.627, (2000) 388

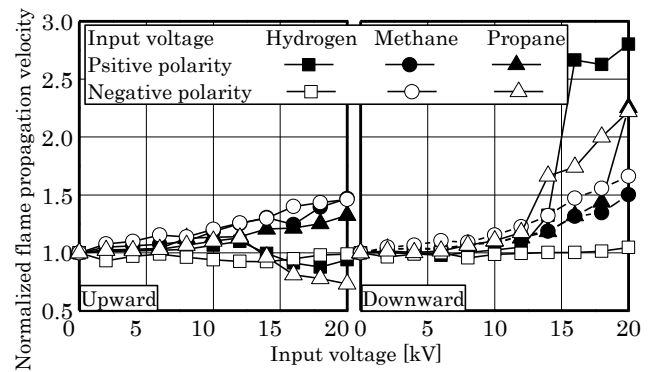


Figure.3 Flame propagation velocities.

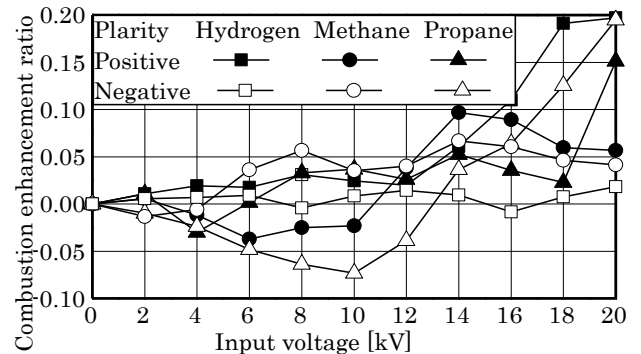


Figure.4 Combustion enhancement effect.

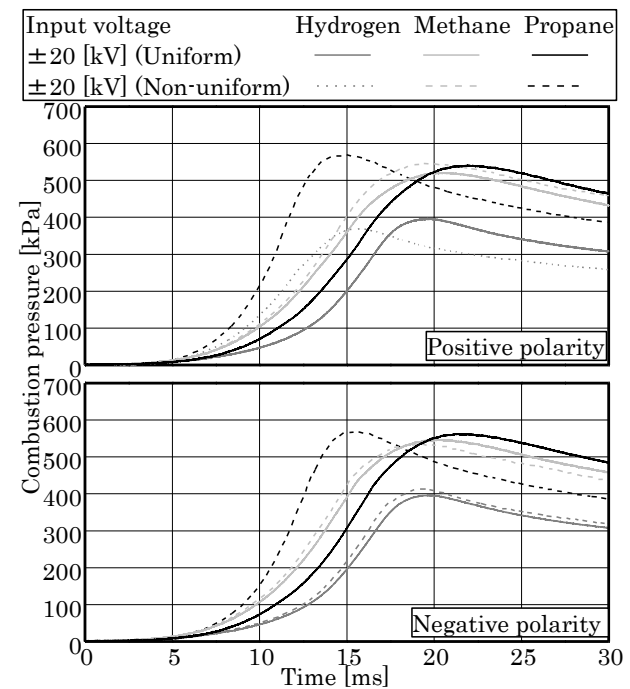


Figure.5 Combustion pressure record.