

K2-31

平等及び不平等電界がメタン-空気予混合気の火炎伝ばに及ぼす影響

The Effect of Uniform and Non-Uniform Electric Fields on Flame Propagation of Methane-Air Mixture

○松瀬信寛¹, 奥山翼¹, 金丸智也¹, 太田川幸奈¹, 吉野恭平², 吉田幸司³

*Nobuhiro Matsuse¹, Tsubasa Okuyama¹, Tomoya Kanemaru¹, Yukina Ohtagawa¹, Kyouhei Yoshino², Koji Yoshida³

Abstract: This study explored the flame propagation behavior of homogeneous methane-air mixture under the application of uniform and non-uniform electric field and three equivalence ratios, 0.6, 1.0 and 1.4 were tested. When high voltage uniform electric fields were applied to methane-air mixture flame, the flame front shape was enlarged toward both electrodes. The maximum combustion pressure decreased due to the heat loss to electrodes. In case of negative high voltage non-uniform electric field, the entire flame kernel was forcibly moved to downward direction, and wrinkles were generated on the flame front by a negative corona wind, so that the combustion was enhanced.

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数多く研究されている。^[1]本研究では、電界が予混合燃焼に与える影響を明らかにすることを目的とし、メタン-空気予混合気を用いて、平等及び不平等電界が予混合火炎伝ばに及ぼす影響について、火炎面挙動と燃焼圧力測定から解析した。

2. 実験装置及び方法

実験装置概略図を図 1 に示す。燃焼室は、縦、横、高さ 50 mm、容積 125 cm³ の立方体である。平等電界を発生させる場合は燃焼室上部に平板電極を、不平等電界を発生させる場合は針状電極を設置し、下部には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-空気均一予混合気の当量比は、0.6, 1.0, 1.4 とし、常温、大気圧力にて燃焼室内に充填した。着火には Nd:YAG レーザー光を用い、燃焼室中心にてレーザー誘起ブレイ

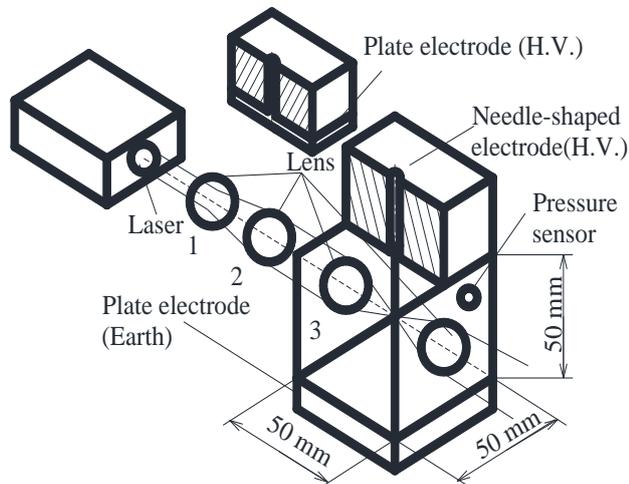


Figure 1. Experimental apparatus

クダウンを発生させ着火した。火炎伝ば過程はシュリーレン法にて可視化し、火炎投影像の時間的変化を画像解析によって求めた。また、燃焼圧力を測定した。

3. 実験結果及び考察

図 2 に、当量比 0.6 に印加電圧±20 kV を与えた場合の火炎の成長過程を、最大燃焼圧力に達した時の燃焼期間に対する 10, 20, 30, 60, 90 % 時にて示す。通常燃焼の場合、球状に層流火炎が伝ばする。正及び負極性平等電界を与えると、火炎面は上下方向への伸長する。これは、火炎中に含まれている正、負イオン

	Equivalence ratio ϕ 0.6				
	Uniform		0 kV	Non-Uniform	
	-20 kV	20 kV		-20 kV	20 kV
10 %					
	7.0 ms	8.0 ms	8.5 ms	4.5 ms	6.0ms
20 %					
	14.5 ms	16.0 ms	16.5 ms	9.0 ms	12.0 ms
30 %					
	21.5 ms	23.5 ms	25.0 ms	13.5 ms	18.0 ms
60 %					
	43.0 ms	47.5 ms	50.0 ms	27.0 ms	36.0 ms
90 %					
	64.0 ms	71.0 ms	75.0 ms	40.5 ms	54.0 ms

Figure 2. Images of flame propagation

1 : 日大理工・学部・機械 2 : 日大理工・院 (前)・機械 3 : 日大理工・職員・機械

が高電圧極及びアース極へ引き寄せられるためと考えられる。負極性不平等電界を与えた場合、火炎面上に乱れが発生し、火炎全体が下方向へ移動し、上方向火炎伝ばが抑制され、下方向に伸長する。これは、負性コロナ風が針状電極からアース極へ流れるためである。

図 3 に、正及び負極性、平等及び不平等電圧を与えた場合及び通常燃焼の燃焼圧力波形を示す。平等電界の場合全ての当量比において、通常燃焼と比較して最大燃焼圧力が減少する。これは、上下方向に伸長した火炎が早期に平板電極に到達し、熱損失が増加するためと考えられる。負極性不平等電界の場合、当量比 0.6 及び 1.4 において燃焼期間が短縮し、最大燃焼圧力は増加する。これは、下部平板電極での熱損失は発生するものの、負性コロナ風によって発生した火炎面上の乱れによって燃焼が促進するためと考えられる。

図 4 に、平等及び不平等電界における印加電圧と上下方向火炎伝ば速度の関係を示す。ここで、火炎伝ば速度は、着火点からの上下方向の火炎面距離と時間の関係を一次近似して求めた。どの当量比においても、正及び負極性平等電界の場合、上下方向火炎伝ば速度は電圧の増加に伴い一様に増加し、正極性不平等電界の場合は、平等電界と同様の傾向が示される。負極性不平等電界の場合、-12 kV 以上において、上方向の火炎伝ば速度は抑制され、下方向は加速する。

図 5 に印加電圧に対する燃焼促進率を示す。ここで、燃焼促進率 ψ は各印加電圧における燃焼期間 t 、通常燃焼の燃焼期間 t_0 により $\psi = 1 - t/t_0$ と表わされる。燃焼促進率は、平等電界を与えた場合、電界による影響をほとんど受けず、正極性不平等電界の場合も平等

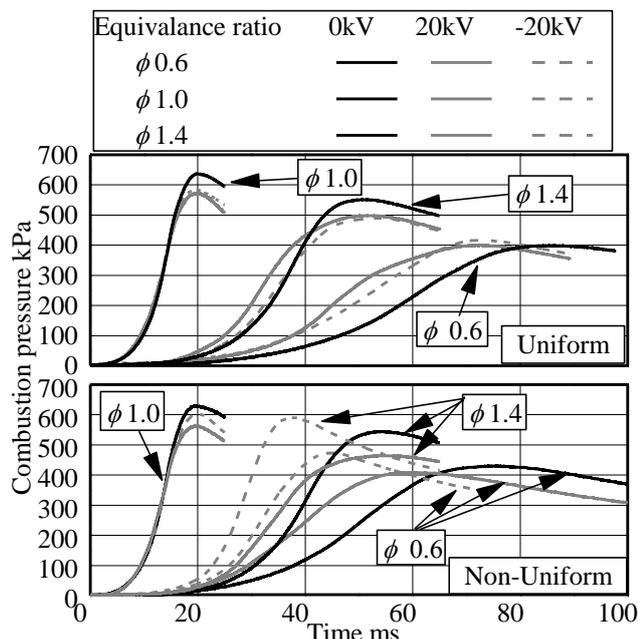


Figure 3. Combustion pressure record

電界とほぼ同様である。しかし、負極性不平等電界の場合、印加電圧約±12 kV 以上において燃焼が促進し、印加電圧の増加に従って燃焼促進効果も増加する。

4. 結論

メタン-空気予混合気 に正及び負極性平等電界を与えた場合、炎形状は上下に伸長し、印加電圧が増加するほど、上下方向火炎伝ば速度は加速される。正極性不平等電界を与えた場合、平等電界と同様に火炎が上下に伸長するものの、負極性不平等電界を与えた場合は、負性コロナ風により上方向火炎伝ばは抑制され、火炎面上に乱れが発生するために燃焼が促進される。

5. 参考文献

[1] 新井他 2 名: 機論, Vol. 64, No. 627, B, (2000) 3881.

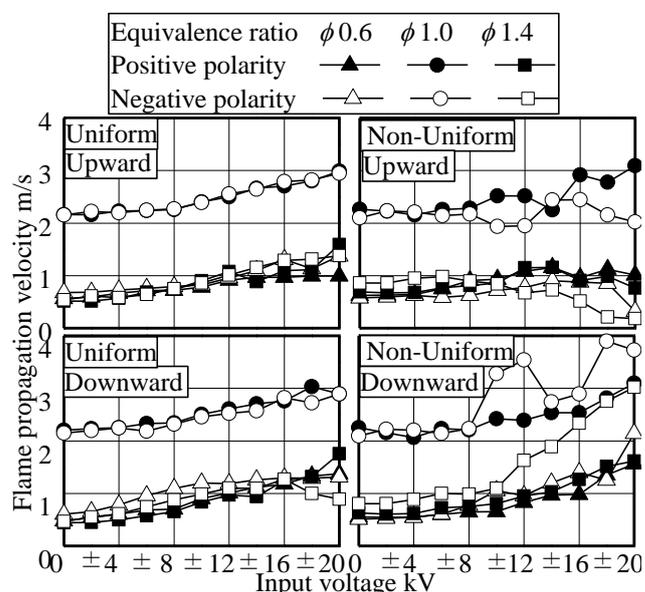


Figure 4. Flame propagation velocity

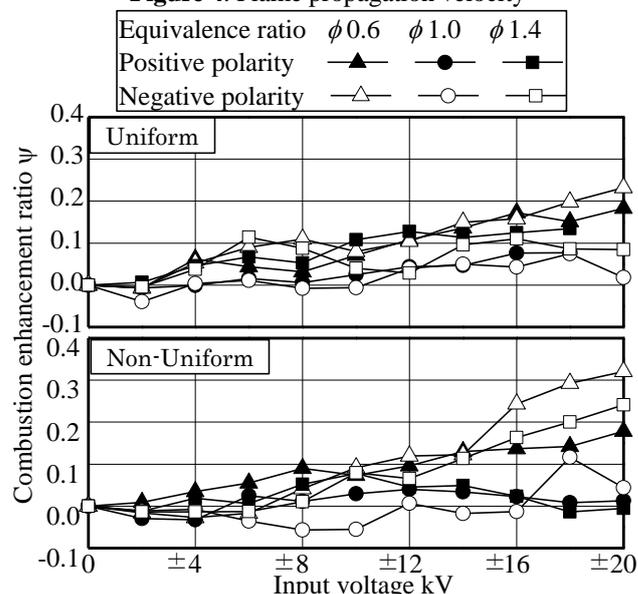


Figure 5. Combustion enhancement ratio