

予混合バーナー火炎への誘電体バリア放電重畳による燃焼促進効果の過渡現象
 Transient phenomena in enhancement of combustion reactions
 by superposing DBD onto premixed burner flame

北大工 ○財満 和典, 佐々木 浩一

Hokkaido Univ., ○Kazunori Zaima and Koichi Sasaki

E-mail: kzaima@athena.qe.eng.hokudai.ac.jp

1. Introduction プラズマ中に存在する高エネルギー電子を用いて火炎に非平衡化学反応をもたらす、高エネルギー電子を媒介とした燃焼反応制御を行う技術の開発を検討している。以前の実験結果から、火炎底部に誘電体バリア放電を重畳することによって、時間積分現象としての燃焼速度が増加するという結果を得ているが、そのメカニズムについての理解は十分ではない。本講演では、燃焼反応の反応帯から下流に多く生成され、燃焼反応に重要な活性種である OH ラジカルの密度の時空間分布を、バーナーノズルの出口付近及び火炎の先端付近において二次元レーザー誘起蛍光法(pLIF)を用いて計測した結果について報告する。

2. Experimental Method メタン、酸素、およびアルゴンの予混合ガスを用いて生成したバーナー火炎の上部側面を石英管で覆った。石英管の外側にアルミニウム製の電極を取り付け、周波数 1 kHz の高電圧方形波を印加し、アルミニウム電極を電圧印加電極、バーナーノズルを接地電極とした同軸円筒型の誘電体バリア放電を予混合バーナー火炎に重畳した。

シート状に整形したパルス波長可変レーザービームを上記のプラズマ支援予混合火炎に入射した。レーザー光により OH ラジカルを基底状態 $X^2\Pi(v''=0)$ から励起状態 $A^2\Sigma^+(v'=0)$ へと励起し、再び $X^2\Pi(v''=0)$ へ遷移する際の蛍光を、干渉フィルタを介して ICCD カメラで撮影した。励起回転線として Q_1 ブランチの $J''=4, 8, 10$ の 3 種類を選択して測定した。電源高電圧の立ち上がり時刻に対するレーザー光入射のタイミングを掃引することで、放電の位相に対して時分解されたある回転準位にある OH ラジカルの占有密度の 2 次元空間分布画像を得た。異なる励起回転線から得られたレーザー誘起蛍光の強度比を用いて回転温度の空間分布を推定し、回転温度分布を用いて基底状態 OH の総密度の空間分布を得た。

3. Results and discussion 図 1 に火炎先端付近における OH ラジカル自発光分布(a)および pLIF により計測した OH ラジカル密度分布(b) - (e)を示す。画像の領域はバーナーノズル上端から 75 - 90 mm 程度の高さで観測したものである。放電の重畳の無いとき(図 1(b))に見られる画像下部の OH 密度の窪みは、予混合火炎の未燃ガス領域をあらわしたものであり、自発光分布に近い形であった。放電重畳による OH ラジカル密度の顕著な変化は特に見られなかったが、図 1(e)では、放電の影響により未燃領域が放電の無い時よりも上流(画像下部)に縮む様子、および、下流(画像中部)に孤立する様子が観測された。また、放電の位相が異なるもので比較すると、未燃領域が収縮した後の位相で未燃領域が下流に伸びる様子が観測された。火炎長の短縮(≡未燃ガス領域の短縮)は燃焼速度の上昇を表すことが知られているので、パルス放電を重畳した火炎では、通常の火炎に比べ、燃焼速度が速い位相と遅い位相が交互に振動しているものと考えられる。このことは、以前に観測された時間積分現象としての燃焼速度の増加は定常的現象でなく、燃焼化学反応のレートはオーバーシュート・アンダーシュートを伴って変化することを示唆する。

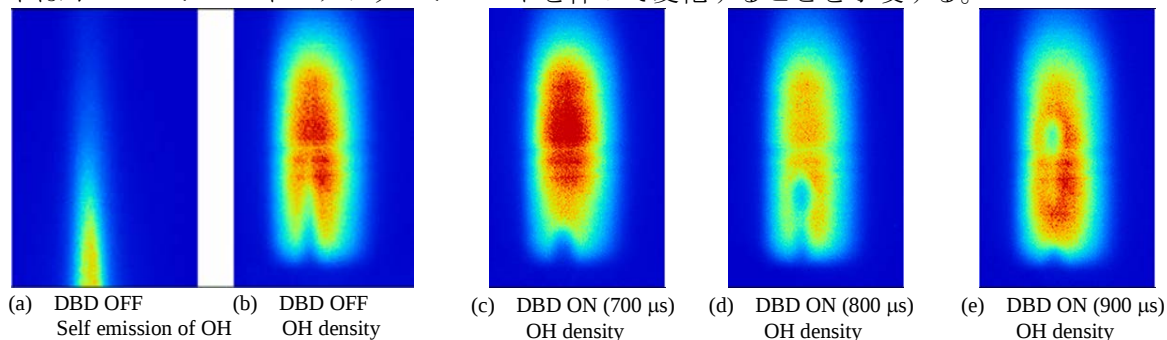


図 1 火炎先端付近の OH ラジカル自発光強度分布及び OH ラジカル密度分布
 放電用電源は 1kHz, ± 10 kV で駆動し、放電を火炎下部(0 - 25mm)に重畳した。
 (c), (d), (e)はそれぞれ電圧立ち上がりから 700 μ s, 800 μ s, 900 μ s での測定結果。