

二光子レーザー誘起蛍光法によるプラズマ支援予混合バーナー火炎内の酸素原子密度計測 Measurement of O atom density in plasma-enhanced premixed burner flame by two-photon absorption laser-induced fluorescence

北大工¹, 防衛大² ○財満 和典¹, 明石 治朗², 佐々木 浩一¹

Hokkaido Univ.¹, National Defense Academy² ○K. Zaima¹, H. Akashi², and K. Sasaki¹

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

1. Introduction 希薄燃焼限界の突破やバイオエタノール等の新規燃料利用の実現を目指したプラズマ支援燃焼に関する研究が広まっている。我々はその基礎研究として、火炎に誘電体バリア放電を重ねし、プラズマ中の高エネルギー電子がどのようにして燃焼化学反応を活性化するかを調べている。これまでの実験結果から、プラズマから供給する高エネルギー電子の量によって燃焼速度が制御できることを示しているが、そのメカニズムについては十分に解明されてはいない。本講演では、誘電体バリア放電重畳予混合バーナー火炎中の O 原子密度を二光子レーザー誘起蛍光法(TALIF)を用いて時空間分解計測した結果について報告する。

2. Experimental Method メタン、酸素、アルゴンの予混合ガスを用いて生成した予混合バーナー火炎の上部を、ガラス管で覆った。ガラス管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。波長 225.588 nm のパルス波長可変レーザービームを焦点距離 250 mm の石英レンズを用いて集光し、プラズマ支援予混合火炎に入射した。入射レーザー光によって O 原子を基底状態 $2p^4\ ^3P_2$ から励起状態 $2p^3p\ ^3P$ へ励起し、 $2p^3s\ ^3S$ への遷移に伴う波長 844.6 nm の蛍光を透過波長が 845 ± 1 nm の干渉フィルタを介して ICCD カメラを用いて記録することにより、O 原子密度の半径方向分布を得た。また、レーザーパルスの入射タイミングを掃引することで、放電位相に対して時分解された O 原子密度を得た。

3. Experimental Results and Discussion バーナーノズルから軸方向に 3 mm 離れた位置において O 原子密度の半径方向分布を測定し、誘電体バリア放電を重ねしない場合の O 原子密度に対する誘電体バリア放電を重ねした場合の O 原子密度の増加率を調べた。放電電圧の周期 1 ms の間の時間変化を調べたところ、反応帯に当たると考えられる半径方向位置 1.4 mm において、誘電体バリア放電の重畳による O 原子密度の増加が見られたものの、増加率は 2 倍程度以下と僅かであった。また、放電電流が流れている時間帯においての O 原子密度のパルス的な増加はみられなかった。一方、図 1 は、誘電体バリア放電の重畳が有無の場合の O 原子密度の増加率を、火炎の半径方向位置を横軸として表示したグラフで、放電電流が流れていると思われる 0.06 ms 及び 0.56 ms における結果と、放電電流が流れていない 0.02 ms における結果を示している。データの無い中央部は未燃ガス領域で、そこでの O 原子密度は誘電体バリア放電の有無にかかわらず観測下限を下回っていた。この結果から、反応帯よりも内側の領域において、誘電体バリア放電の重畳による O 原子密度の比較的小さい増加が認められる。未燃ガス領域の燃料が外側に輸送され着火・燃焼に至る過程において、着火領域よりも内側における O 原子密度の増加がプラズマ支援効果として重要であることを示唆する結果であるが、図 1 に示す O 原子密度の局所的な増加は放電電流が流れていない時間帯でも観測されており、これがプラズマ中の高エネルギー電子の直接的な効果であるかに関しては、さらに検討が必要と考えられる。

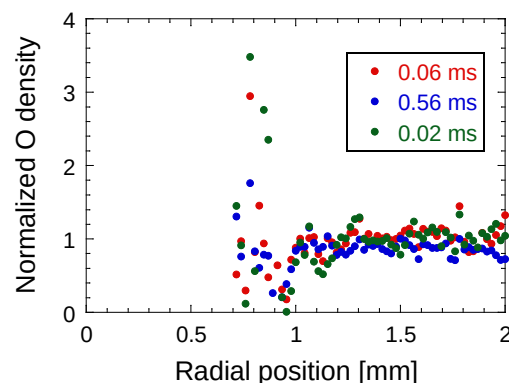


Fig. 1 Radial distributions of the ratio of the O atom densities observed with and without DBD. The three data were observed in the presence and in the absence of the discharge current.