

プラズマ支援燃焼における解離酸素原子の効果について

Effect of dissociated oxygen atoms in plasma assisted combustion

○明石 治朗¹、吉永 智一¹、佐々木 浩一² (1. 防衛大、2. 北大)

○Haruaki Akashi¹, Tomokazu Yoshinaga, Koichi Sasaki² (1.N.D.A., 2.Hokkaido Univ.)

E-mail: akashi@nda.ac.jp

1. はじめに 近年、プラズマ支援燃焼の研究が環境分野において盛んに行われている⁽¹⁾⁻⁽³⁾。これらの研究は化石燃料のより効率的な燃焼、低品質な燃料の有効利用をプラズマなどの重畳により実現しようとするものであり、化石燃料の枯渇、地球温暖化問題の解決を図る手段の一つとして注目されている。今回、特にプラズマにより解離された酸素原子が燃焼速度にどのような影響があるか。また、解離酸素原子が燃焼までにどのような振る舞いをするのかをシミュレートしたので報告する。

2. 結果及び考察 本シミュレーションはプラズマにより予混合ガス(CH_4 , O_2 , Ar)中の酸素が解離した状態を初期状態として CHEMKIN の1次元予混合層流火炎速度計算モデルを用い、また初期条件として酸素の解離度 $0 \sim 5 \times 10^{-2}$ 、ガス温度 273~400K と変化させて計算を行った。図1に燃焼速度の酸素解離度依存性を示す。未燃ガス温度(初期ガス温度)の上昇により燃焼速度は大きく増加する。解離度を上げていくと 10^{-3} までは大きな増加はなくほぼ一定値となっているが、どの未燃ガス温度においても解離度が 10^{-3} 以上では燃焼速度の増加がみられる。初期ガス温度が 293K、解離度が 5×10^{-2} の時に燃焼速度は通常火炎の場合より約 24%大きくなっている。この時の速度は初期ガス温度に換

算すると 40K 高い場合と同程度の燃焼速度となる。図2に解離酸素原子及びガス温度分布を示す。実際に火炎として観察される反応帯は 0.14~0.2cm 当たりで、予熱帯を含む火炎帯は 0.1~0.2cm 当たりである。それ以前は未燃ガス中での反応の位置変化を示す。酸素解離度を同じ値として初期ガス温度を変化させると酸素原子の反応が促進され、気体中の酸素原子の減少が著しいことがわかる。図には示していないが、 H_2O , CO_2 , CO などの燃焼後に主に生成される種が燃焼前にも関わらず多く生成される。どのケースにおいても多くの酸素原子が化学反応により減少し、燃焼反応が促進されることが燃焼速度を高めているようである。また、これらの反応により極初期状態においてガス温度の上昇がみられる。この温度上昇により燃焼後のガス温度は初期ガス温度が高い方が高くなるが、初期の温度上昇分を差し引くと、実質のガス温度上昇は初期ガス温度が高い方が低くなることがわかる。このように酸素原子はある程度酸素解離度が大きい場合には燃焼速度を大きくする効果があることがわかる。

参考文献 (1)S.M.Starikovskaia, J.Phys.D:Appl.Phys.,39, R265 (2006), (2)K.Shinohara et al, J.Phys.D:Appl.Phys.,42, 182008 (2009), (3)K.Sasaki et al, J.Phys.D:Appl.Phys.,45, 455202 (2012)

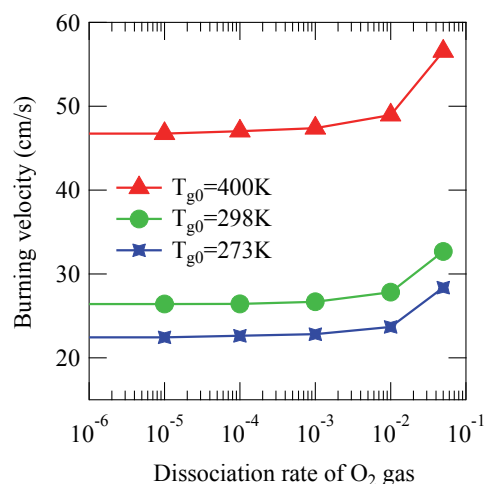


図1. 燃焼速度の酸素解離度依存性

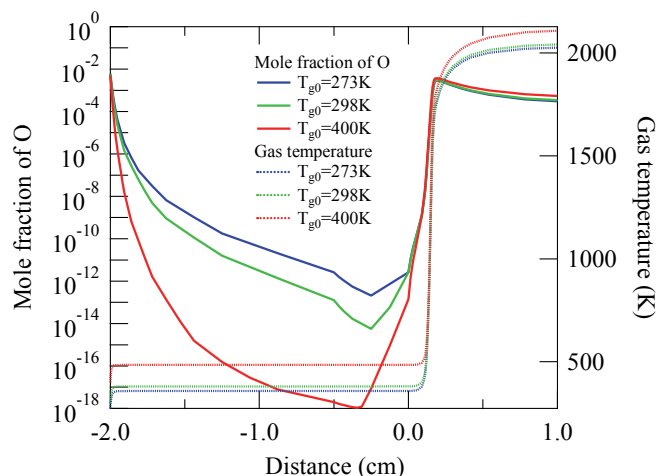


図2. 解離酸素原子及びガス温度分布