

審査の結果の要旨

氏名 林 偉栄

エネルギー変換、現在でも多くの割合が燃焼過程を用いており、燃焼メカニズムの解明は依然として重要な工学的課題である。固体壁の近傍では、熱的消炎効果、および化学的消炎効果により、火炎は安定に存在することが難しいと考えられているが、特にラジカルが壁の材料と反応して破壊される化学的消炎効果についての定量的データは、極めて限られているのが現状である。本論文では、多くの素反応が複雑に関連する燃焼場を単純化するため、アーク放電によって OH ラジカルをオンデマンドで形成し、レーザー誘起蛍光法 (LIF) による定量計測により壁面との相互作用の解明を試みた。

本論文は6章からなり、まず、第1章では、特にマイクロスケールでの燃焼で問題となる消炎効果についてレビューを行い、従来の成果をまとめている。また、ごく最近行われた、メタン火炎における OH ラジカルの壁近傍計測について論じ、OH LIF 計測で化学的消炎の効果が明確に得られたことを述べると同時に、火炎中では複雑な燃焼機構が存在するため、より単純な場での定量評価が必要であることを指摘している。

第2章では、計測システムについて説明している。石英チャンバの内部に表面に薄膜を形成した石英基板を設置し、裏側から赤外線加熱することにより、等価な熱的境界条件のもとで化学的境界条件を変化させることが可能であり、アーク放電によるラジカル生成システム、紫外線顕微鏡ユニットを用いた LIF 計測システム、データ処理方法について詳細を述べている。

第3章では、水分子の電離による OH ラジカルの形成について、系統的な実験結果を示している。放電電圧、電流、湿度などが OH 濃度に与える影響の定量評価を行い、OH 濃度には電流が最も大きな影響を与えることを示している。また、放電開始後 100us 後に安定した OH 分布が形成されること、放電終了後 200us 後に OH が消滅することを明らかにしている。また、アーク放電によって生成される OH の LIF 輝度がメタン火炎中の OH の LIF 輝度と同オーダーであり、OH 濃度も同じオーダーであることを示し、火炎における OH に対する化学的効果を本論文の実験系で再現しうることを示している。

第4章では、アーク放電による OH の生成とその拡散のシミュレーション結果について述べている。放電領域で一様な OH の生成を仮定し、GRI-Mech3.0 詳細反応モデルと化学種の拡散方程式を解くことによって実験結果が定性的に再現できることを示している。

第5章では、加熱壁面上の OH 計測の結果についてまとめている。まず、石英基板、

および、石英基板表面に原子層堆積法により欠陥のないアルミナ薄膜を形成した基板について、定常状態の OH 分布を比較し、壁温上昇に伴って OH 濃度が増加することから、OH に対する熱的効果が確認できることを示した。また、石英、アルミナ表面のデータを、壁面での初期吸着係数を変化させたシミュレーション結果との比較を行い、基板温度 900°Cにおいてアルミナ表面がほぼ不活性に相当する、初期吸着係数 0.01であることを示し、メタン火炎中での最近の計測結果と一致することを明らかにした。さらに、OH の濃度勾配と濃度の比で定義される Chemical Action を導入し、メタン火炎とアーク放電における計測結果を比較し、アーク放電による OH の場では、壁近傍で OH の生成がないため、Chemical Action がメタン火炎よりも大きいことを示した。これは、純粋な壁面の化学的効果を調べるためには、アーク放電による OH 生成が有利であることを示すものである。

第 6 章は結論であり、本論文の結論をまとめている。

以上、要するに、本論文は、アーク放電によって OH ラジカルをオンデマンドで形成し、レーザー誘起蛍光法 (LIF) による定量計測により、OH と壁面との相互作用の定量データを提供し、その物理的機構の解明に寄与するものであり、燃焼工学、マイクロエネルギー工学などの進展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。