

水素を燃料とする超過濃燃焼急速混合希薄燃焼器(SRQL)の燃焼試験

廣瀬 帆, 尾身 興一, 中山 浩太郎, 吉田 凌大, 瀧澤 兼吾, 中谷 辰爾, 津江 光洋(東京大学)  
岡井 敬一, 田口 秀之(JAXA)

実験期間: 2023年6月5日から6月16日, 2023年9月19日から9月29日

近年, 航空分野でも環境適合エンジンの開発が急務となっていることから,  $\text{CO}_2$ を排出しないクリーンなエネルギー源として水素が注目を浴びている. しかしながら, 水素を航空エンジンの燃料とするには様々な課題がある. その中でも特に燃焼の観点からは,  $\text{NO}_x$ 排出量と燃焼安定性が大きな課題である. 水素燃焼では火炎温度が高くなりやすいため空気中の窒素が高温場で酸化されやすくなることや, 火炎帯の薄さゆえに流速変動の影響を受けやすいことが一般に知られている.

本燃焼試験では, 水素航空機用の低 $\text{NO}_x$ 燃焼器として, 過濃当量比を3.0, 希薄当量比を0.3と設定した超過濃燃焼急速混合希薄燃焼器の実験を行った. 水素過濃燃焼における還元雰囲気による $\text{NO}_x$ 抑制に効果的であると考えられるため, 従来のジェットエンジン燃焼器で採用されてきたRQL(過濃燃焼急速混合希薄燃焼)よりも大幅に過濃当量比を高くしている. 近年の高圧縮比ジェットエンジンで燃焼室入口温度が上昇傾向にあることを踏まえ, 入口空気全温800K, 燃焼室圧0.5MPaAの条件下で燃焼試験を行った.

燃焼試験の目的は, 高温高圧条件での $\text{NO}_x$ 排出量を定量的に調査することおよび水素の燃焼挙動についての理解を深めることである. 水素流量を変化させ当量比をパラメータとすることにより, 発熱速度分布や火炎温度分布が変化したが, それに応じて $\text{NO}_x$ 排出量や燃焼安定性がどのように変わるかを調査することで, 低 $\text{NO}_x$ 性と燃焼安定性を同時に達成する水素燃焼器の開発に向けた知見を得ることができる. 燃焼室側壁に設けたガラス窓からハイスピードカメラによる撮影を行い, OHラジカルの化学発光および高温環境での水蒸気の放射を20,00fpsの高速同時撮影を実施した. また, 燃焼器出口に設置したプローブでガス採集を行い, FT-IRアナライザ(フーリエ変換赤外分光分析器)で $\text{NO}$ および $\text{NO}_2$ の濃度を測定した.

過濃当量比3.0, 希薄当量比0.3の設計点燃焼時には安定燃焼し, 15.6ppmの低 $\text{NO}_x$ 性を確認した. その後, さらに高い当量比での燃焼挙動を大まかに調査するため, 希薄当量比を0.2から0.58まで, 5秒間かけて連続的に上昇させた. 高当量比の条件では燃焼室圧と発熱速度分布が連成して大振幅の熱音響振動を生じることが確認され, 動的モード分解(DMD)により高速カメラの大規模データから特徴的なダイナミクスを抽出することができた.

今後は, 設計点外で起こる不安定現象のメカニズム解明のため, さらに詳細に実験条件を設定する.

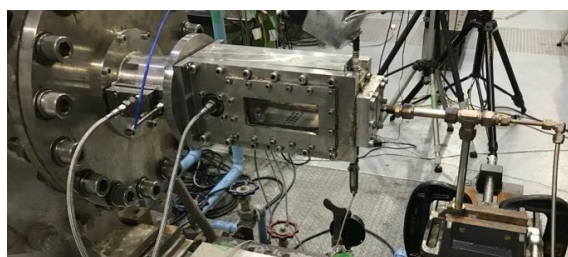


図1 サンプリングプローブおよび工学窓セットアップ



図2 火炎の様子(可視光)