

ジェットエンジンモデル燃焼器の高温高压下での燃焼試験

吉田凌大, 柳田純, 甘利駿, 任方思, 瀧澤兼吾, 中谷辰爾, 津江光洋

実験期間: 令和6年6月10日～6月14日, 8月19日～8月30日, 9月9日～9月20日, 12月9日～12月13日

世界的な航空輸送量の増加に伴う航空機からの環境負荷物質排気量の増加が懸念されている。このため、国際的な航空機の排出ガス削減基準が設定され、これを達成するために航空エンジンに対して燃焼器の改良、生物由来のバイオジェット燃料の導入などの技術革新が求められている。バイオジェット燃料は持続可能な航空燃料(SAF)として近年国内外で導入の動きが加速しており、中でも世界的なトレンドとしてバイオジェット燃料を既存のハードウェアを改良することなく導入し、航空燃料として使用するドロップイン方式での使用を目指しており、燃料の構成成分が燃焼の物理的、化学的性質や燃焼特性、排気特性に与える影響を調べる必要がある。本研究室では牛脂由来のBio-SPK燃料であるHEFAを用い、燃料希薄条件下での燃焼特性、吹き消え当量比などを調査してきた。

今年度は航空燃料の物性のうち特に燃焼現象に強く影響を及ぼすパラメータを特定するために、従来の石油系ジェット燃料であるJetA-1とSAFのサンプルとしてHEFA, ATJを使用した。さらに、HEFAにnオクタン、イソドデカン、エチルシクロヘキサン、oキシレン等を混合した混合燃料を約20種作成した。これらの燃料について燃焼試験を実施し、希薄吹き消え当量比および希薄燃焼時の火炎形状について調べた。また、その燃料について新規に導入したGC-GC-MSを用いて燃料組成を分析することで、燃焼特性に寄与する物性値について調べた。

実験においては、モーターと流調弁を組み合わせたオートバルブを用いて燃焼中に当量比を変化させた場合のヒステリシスおよび吹き消え当量比の違いについて調査した。昨年度から引き続き、図1に示す観察窓ガラス付きのジェットエンジンモデル燃焼器を用いて燃焼試験を行った。計測項目は流入気流圧力、燃焼室圧力、流入気流温度の測定および高速度カメラを用いた火炎のCHラジカル自発光画像撮影である。高速度カメラでは10,000fpsおよび4,000fpsのCH*画像撮影を行い、希薄条件下での火炎時系列変化の様子を詳細に撮影した。

上記の燃料について燃焼試験による吹き消え当量比の測定、および密度・動粘度・DCNの物性値を比較した結果として、吹き消え当量比はDCNと強く相関を持つことが確認できた。これより、吹き消え当量比については、この特徴づける3つのタイムスケールのうち、化学反応のタイムスケールが最も大きな影響を及ぼすことが分かった。また、DMDによる火炎の燃焼挙動の比較により、HEFAをはじめとする吹き消え当量比が低く燃焼安定性の高い燃料では、当量比の減少に伴い旋回流の構造が崩壊した後も不安定な状態で燃焼が持続するが、ATJをはじめとする吹き消え当量比が高く燃焼安定性の低い燃料では、旋回流増の崩壊後、速やかに吹き消えに至ることが分かった。

さらに、GC×GC-MSにおいて燃料の組成を調べ、燃焼特性に与える結果を調べたところ、芳香族、cyclo-paraffinsと高分岐のiso-paraffinsの含有量が燃焼安定性の違いに影響を及ぼすことが分かった。

今後は新しく導入するステージドバーナーをもちいて、引き続きSAFの燃焼特性について調査をする。

成果の発表先、関連文献等

- [1] 吉田凌大(2024). ダブルスワールバーナーにおける航空燃料の官能基と希薄時燃焼特性の関係, 第62回燃焼シンポジウム講演論文.



図 1: ジェットエンジンモデル燃焼器