

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 サルマン パトリック

Dipl.-Ing. BSc (工学修士) サルマン パトリック提出の論文は、「**Characteristics of Combustion and Lean Blowout Limit in a Double Swirl Burner for a Bio-Jet Fuel** (ダブルスワールバーナーにおけるバイオジェット燃料の燃焼および希薄吹き消え限界特性)」と題し、全4章と附録から成っている。

地球温暖化対策が強く求められる昨今、航空分野においても二酸化炭素排出削減が緊急の課題となっている。航空機ではバッテリーを用いた推進機関の電動化は自動車に比べてさらに困難であることから、カーボンオフセットを実現するバイオジェット燃料の適用が不可欠であるといわれており、炭化水素系バイオ燃料(Bio-SPK)を従来のジェット燃料に加えた混合燃料の使用が検討されている。一方、ジェットエンジン自体の燃料消費率向上も重要であり、近年希薄燃焼方式が実用化されているが、さらなる希薄化のためには、希薄燃焼不安定性や希薄吹き消えが課題となる。ジェット燃料の希薄燃焼特性に関する研究は従来から活発に行われてきたが、バイオジェット燃料に関するそのような知見は限られているのが現状である。

このような観点から、本研究では Bio-SPK で比較的生産が容易な水素化処理エステル脂肪酸 (HEFA) 燃料について、従来のジェット燃料である Jet-A1 と HEFA 燃料の燃料性状の相違に着目し、希薄燃焼特性および希薄吹き消え限界を実験的に明らかにすることを目的としている。希薄予混合燃焼器に適用される代表的な燃料噴射器であるエアブラストアトマイザを備えたダブルスワールバーナーを用いて、室温大気圧条件における燃焼実験を行うとともに、高エンタルピー風洞を用いた高温高圧実験を実施することで、基礎的な現象の把握とともに、実機条件に近い雰囲気条件におけるこれらの特性を明らかにすることを試みている。

第1章は序論であり、二酸化炭素排出削減に向けた航空分野の現状を概観し、ジェットエンジンの環境適合型燃焼器について、特に燃料噴射器に注目しながら概説するとともに、希薄燃焼技術の課題である希薄吹き消えおよび燃焼不安定性について説明している。また、石油代替燃料としてのバイオ燃料の現状に言及するとともに、本研究で対象とした HEFA 燃料について説明を加えたうえで、これまでの研究成果を概観しながら、本研究の目的と位置づけが述べられている。

第2章では、ダブルスワールバーナーにより形成される噴霧の特性について調べている。実験で使用したバーナーの構造およびスワール数などの噴射条件が説明され、噴霧中の燃料液滴粒径分布計測に用いたレーザ干渉画像法の原理と特徴が述べられている。また、噴霧の蒸発および点火特性を調べるための単一燃料液滴を用いた実験方法が説明されている。室温大気圧雰囲気中における非燃焼噴霧実験では、噴射条件によらず、Jet-A1 と HEFA 燃料の粒径分布およびザウター平均粒径には有意な差が見られないことが示されており、これは微粒化過程に影響を及ぼすと考えられる密度、表面張力が両燃料においてほぼ同様であることによるものと説明されている。一方、燃焼時における HEFA 燃料のザウター平均粒径は Jet-A1 に比べて若干小さくなっており、これは HEFA 燃料の蒸発係数が Jet-A1 より大きいという単一液滴の実験結果から説明されると結論づけている。

第3章では、室温大気圧および高温高圧雰囲気中における燃焼実験について述べられている。ダブルスワールバーナーで形成される噴霧および火炎の可視化手法が説明され、希薄吹き消え限界当量比、浮き上がり火炎挙動および不安定燃焼挙動に関する計測結果が示されている。いずれの雰囲気条件においても、希薄吹き消え限界当量比は HEFA 燃料の方が Jet-A1 よりも小さいことが示され、HEFA 燃料ではより希薄条件下においても安定燃焼が実現できることを示唆している。過去の研究結果、第2章で得られた知見および本章の浮き上がり火炎挙動の計測結果に基づき、化学反応、蒸発、混合の3つの特性時間を用いた吹き消え限界に関する定量的解析を試みた結果、HEFA 燃料の蒸発特性時間の減少が希薄吹き消え限界の拡大に寄与していると考察している。

第4章は本論文の結論であり、得られた成果をまとめている。

以上要するに、本論文は、ダブルスワールバーナーを用いた HEFA 燃料の燃焼実験を実施し、従来のジェット燃料との比較から、燃料性状が希薄吹き消え限界、燃焼不安定性などの希薄燃焼特性に及ぼす影響を明らかにしたものである。この成果はジェットエンジンへのバイオ燃料適用に有用な知見となるものであり、燃焼工学および航空宇宙推進工学上貢献するところが多い。

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。