

## 審査の結果の要旨

氏名 安藤 詩音

修士（工学）安藤詩音提出の論文は、「微小重力環境下における劣化バイオ燃料液滴の燃焼に関する研究」と題し、全5章と附録から成っている。

地球温暖化対策および二酸化炭素排出削減の要請からバイオ燃料、中でもバイオディーゼル燃料の利用が増大している。バイオディーゼル燃料は従来のディーゼル燃料と同等の取り扱いが可能なドロップイン型燃料であり、第三世代のバイオ燃料は食料および土地利用と競合せずに生成可能であると考えられるため、未だ高コストであるものの、将来の石油代替燃料として期待されている。その一方で、酸化安定性が劣るという問題点が指摘されており、タンク貯蔵中における自然酸化劣化による燃料特性の変化、およびそれにより引き起こされる燃料供給系の閉塞等が懸念されている。同様に燃焼器内における燃焼効率の低下や排気特性の悪化等も誘発することが懸念されるが、酸化バイオ燃料の燃焼挙動に関する知見は未だ限定的である。

このような観点から本研究では、バイオディーゼル燃料として、油脂をメチルアルコールとエステル化させることにより生成される脂肪酸メチルエステルを対象とし、酸化劣化挙動とそれによる燃焼挙動への影響を明らかにすることを目的としている。酸化加速試験により酸化劣化が燃料特性に及ぼす影響を調べるとともに、微小重力環境下での単一液滴燃焼実験を実施し、劣化バイオ燃料の非予混合燃焼形態における基礎的知見の取得を試みている。

第1章は序論であり、バイオ燃料の現状を概説するとともに、バイオ燃料の特性、特に酸化劣化特性について説明された後、それが内燃機関における燃焼挙動に影響を及ぼす可能性について言及している。また、噴霧燃焼挙動を解析する上での液滴燃焼実験の有効性が示され、これまでに調査されてきた微小重力下における燃焼挙動と液滴燃焼理論に関する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、脂肪酸メチルエステルの代表種であるオレイン酸メチルとラウリン酸メチルの酸化加速試験と、劣化燃料の燃料性状測定および組成分析の結果が示されている。ランシマット試験法による酸化加速試験の概要が説明された後、劣化燃料の組成分析および粘度計測結果から、オレイン酸メチルでは劣化にともない種々の酸化生成物が生じ、粘度が増大することが確認されたのに対し、ラウリン酸メチルでは劣化による組成の変化は見られなかったことが述べられている。この結果は、従来から知られている酸化劣化機構に基づき、両者の分子構造の相違によるものであることが説明されている。

第 3 章では、第 2 章で作成された劣化オレイン酸メチルの室温大気圧雰囲気中における液滴燃焼実験について述べられている。劣化前の燃料では準定常的な燃焼挙動が観察される一方で、劣化燃料では燃焼期間中に液滴内からの気泡の発生や液滴の破裂が引き起こされる、いわゆるパフィンングと呼ばれる非定常燃焼挙動が生じることが観察されている。液滴画像の類似度解析により、パフィンングの詳細挙動を明らかにするとともに、第 2 章で得られた知見に基づき、この液滴燃焼挙動の変化が、劣化燃料内に生じる種々の酸化生成物の揮発性が異なることに起因するものと考察されている。

第 4 章では、ラウリン酸メチルとオレイン酸メチルの高温高圧雰囲気中における液滴燃焼実験について述べられている。ラウリン酸メチルの場合、劣化試験後においても劣化前の燃料と同様に、準定常的な燃焼挙動が観察され、これは第 2 章の結果に対応することが述べられている。一方、劣化オレイン酸メチルではパフィンング挙動が生じることが示され、第 3 章の結果と比較することにより、非定常燃焼挙動に及ぼす雰囲気圧力および温度の影響が考察されている。高温雰囲気中では液相内熱流動の促進とペクレ数の増大により、液滴内部から液滴表面へ気泡が生成することで、パフィンングによる液滴破裂規模の増大が引き起こされることが述べられている。また、パフィンング開始時刻は雰囲気圧力によりほとんど変化しないのに対し、高圧環境下では液滴破裂規模が減少することが示され、これは雰囲気と気泡内の圧力差が減少することによるものと説明されている。

第 5 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、本論文はバイオディーゼル燃料の構成種である脂肪酸メチルエステルの酸化劣化特性と、それによる燃焼挙動への影響を明らかにすることを目的とし、酸化劣化試験および組成分析によって、酸化劣化による燃料性状の変化を把握するとともに、微小重力下における液滴燃焼実験により、種々の雰囲気条件下で劣化燃料の非予混合燃焼形態に関する基礎的知見を得たものである。これらの成果は、各種内燃機関へのバイオ燃料適用において有用な情報を与えるものであり、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。