

2022年 2月 18日

豊橋技術科学大学長 殿

機械工学 専攻  
学位審査委員会  
委員長

佐藤 海二



## 論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	松木 大輝		学籍番号	第153198号
申請学位	博士 (工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 機械工学 専攻	
博士学位論文名	Study of Burning Characteristics of a Porous Combustible Soaked in a Liquid Oxidizer (液体酸化剤を湿潤させた多孔質固体燃料の燃焼特性に関する研究)			
論文審査の期間	2022年 1月 13日 ~ 2022年 2月 17日			
公開審査会の日	2022年 2月 10日	最終試験の実施日	2022年 2月 17日	
論文審査の結果※	合格		最終試験の結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	柳田 秀記			
委員	土井 謙太郎		永田 晴紀	
	中村 祐二		印	
			印	

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

## 論文内容の要旨

本論文は、液体酸化剤で湿潤された多孔質固体の燃焼特性を明らかにした上で、これまでになかった予混合燃焼の特徴を活用したハイブリッド推進剤の提案に関するものである。本論文は全6章から構成されている。

第1章では、今後の宇宙開発で求められる推進剤に対する要求事項について整理し、特に安全性やコスト面からもハイブリッド推進剤への期待が高いこと、実用には燃料後退速度の向上が必須であることを示し、工学的に解決すべき課題を述べている。第2章では、ハイブリッド推進剤に関するこれまでの研究例を精査し、燃料後退速度の向上への対策案として「液体酸化剤に湿潤させた固体燃料を推進剤とする方式が有効であることを示している。一方で、この方式で頻出する制御不能な燃焼挙動の発現要因については未解明のままであり、その解決策として燃焼場の直接観察ならびに推進剤性能が予測可能な数学モデルの構築の重要性を述べている。第3章では、多孔質ポリエチレンに高濃度の過酸化水素水を湿潤させた推進剤の定常一次元燃焼が実現可能な試験装置を開発・設計し、材料および環境パラメータ（空隙率、圧力等）が燃料後退速度に与える影響について明らかにしている。第4章では、実験結果を再現可能な理論モデルを構築し、実験で検討したパラメータに加え、酸化剤による影響予測なども可能としている。解析結果から、安定燃焼領域と吹き消え領域が存在することを示し、未解明となっていた制御不能な燃焼挙動の発現原因を明らかにしている。第5章では、本推進剤の燃焼における燃焼生成物を実験的に検出し、本推進剤を用いた場合の推進能力、および期待できる到達推力に関する予測を行っている。第6章で全体の総括を行っている。

## 審査結果の要旨

小型化や環境負荷低減を実現可能で十分な推力が達成可能な推進剤の開発は、将来の宇宙産業ビジネスの発展に大きな役割を果たすと期待されている。この要求に対して、固体燃料と液体酸化剤を用いるハイブリッド推進剤への期待度は極めて高い。ところが、ハイブリッド推進剤では達成可能な推力向上に関する課題が山積しており、特に固体燃料の燃料後退速度を大きくすることが必須となっている。現在のところ、ハイブリッド推進剤上に形成される拡散火炎と燃料表面上の温度境界層を薄くすることでこれを実現しているものの、この方法では達成可能な推力には限界がある。一方、1997年に提案された「多孔質固体に液体酸化剤を湿潤した推進剤」は、予混合燃焼をベースにしたものであり、一般的な拡散燃焼ベースのハイブリッド推進剤では到達できない推力値が得られる可能性が示された。しかしながら、実験中に制御不能な爆発的な燃焼現象が起きて急激な圧力変動が頻出する等、データのばらつきが大きく基礎特性を理解するには至らず、実用には程遠いとされていた。今日までその原因究明がなされず、この燃焼方式は長らく誰からも取り上げられなくなっていた。

本論文は、この特異な推進剤における燃焼特性を正しく把握することで、本燃焼方式で安定燃焼を実現するための条件を抽出することを目的としている。高濃度の過酸化水素により湿潤された発砲ポリエチレンを試験片とし、その燃焼現象の直接可視化ができる実験システムを構築した。本装置により、理論的に扱うことができる「定常一次元燃焼」が達成可能となることを示した。また、漸近解析に基づく理論解析により、吹き飛び現象が起きる条件の存在を示すことに成功し、吹き飛び現象が頻出することでばらつきが大きく観察された可能性を明らかにした。また、ガスクロマトグラフを用いた燃焼ガス分析により、本推進剤により到達可能な推力予測を行い、過酸化水素を酸化剤として用いた場合でも現状の固体推進剤と同等な推力が得られることを明らかにした。また、実用上重要となる圧力指数は、実用されているコンポジット固体推進剤と同等であることを示した。

これらの研究成果は、期待される推力を達成可能な新しいハイブリッド推進剤の開発に貢献するところが大きく、燃焼工学の進展にも大きく貢献する。以上により、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)