

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 伊東山 登

宇宙推進工学分野は、汎用液体推進薬のヒドラジンに替わる新たな組成の液体推進薬の追求を長年続けており、抜本的な解は未だ見い出されていない。加えて昨今は衛星小型化の潮流に連動して推進系の小型化要求も高まっている。本論文は「高エネルギーイオン液体推進薬の着火に関する研究」と題し、低毒化や高性能化に資する高エネルギー物質を適用した新たな推進薬組成の構築、および上述の小型化要求を満たす新しい宇宙推進システム概念とその成立性に関する研究をまとめている。

高エネルギー物質の一つである、アンモニウムジニトラミド (ADN) は、ハロゲンを含まず、ヒドラジンに比べて毒性が低いため、近年の宇宙推進燃料工学分野における関心は高い。本研究で取り扱った ADN とモノメチルアミン硝酸塩 (MMAN)、尿素を組み合わせた 3 成分系のイオン液体推進薬は、宇宙推進系への応用に期待が高まる一方、既往の研究結果から、低揮発性故に着火が難しいといった技術課題が指摘されていた。本研究は、上述の課題を解決するために、従来とは異なる着火手法の適用や、液体推進薬供給方法を考案し、実験的に検証を行っている。具体的には、液体推進薬を炭素繊維束に含浸させ、レーザーを照射して着火させる方法を考案し、その妥当性を研究した。

第 1 章は、本論文の序論であり、近年の宇宙開発の状況を述べると共に、宇宙推進分野における技術的な要求を踏まえて本研究の動機について述べている。

第 2 章は、ADN を基剤とする高エネルギーイオン液体推進薬の組成の選定に対し、化学計算手法を用いて着火、燃焼が可能な最適組成の絞り込みを行っている。結果、推進薬組成 (ADN : MMAN : 尿素) の質量比は 6 : 3 : 1 が適当との結論を得ている。

第 3 章は、レーザーによるイオン液体推進薬の着火方法に関する既往の研究のレビューを行い、候補となるレーザー源と吸光効率を高めるための工夫について調査した。例として挙げられたイオン液体推進薬への着色剤の添加手法は、推進薬の化学安定性に影響があることなど、未解決の技術課題を認識した。連続光の CW レーザと、吸光効率の高い材料を組み合わせることで、推進薬への入熱手段とすることが適当との結論を得ている。

第4章は、CW レーザの吸光効率を高める手段として炭素材料の適用を提案し、微粒子状と繊維状の2候補について着火特性を議論している。微粒子を混和した推進薬の場合は、昇温過程で推進薬内部が対流を起こし、効果的な入熱とならず着火に至らない一方、繊維の場合は照射位置が固定されるため熱変換効率が良好で、着火が可能であることを明らかにしている。

第5章は、炭素繊維束に液体推進薬を含浸させたサンプルに対し、レーザ強度をパラメタとした着火遅れ時間の評価を行って、実験環境下でのレーザ出力の最適値に関する実験的な評価を実施している。実験結果から、レーザ出力と着火遅れ時間に相関があることを見出したが、レーザ出力の増大と着火遅れ時間の相関が逆転する事象も合わせて捉えている。この原因は、高エネルギー物質の熱分解時に発生する ADN の熱分解ガス由来の気泡が光路を遮断していることによるものと結論付けた。

第6章は、各章で得た基礎的知見を踏まえて超小型スラスタのエンジニアリングモデルを試製し、燃焼実験を試みた結果をまとめている。第5章の結果に基づき、レーザ出力 5W に設定し、炭素繊維束には含浸したイオン液体推進薬に照射したところ、燃焼器内で着火、燃焼したことが確認された。

第7章は、本論文の総括および今後の展望について述べている。

以上、本論文では、新たな液体推進薬に高エネルギーイオン液体推進薬を適用した宇宙推進システム概念を提案し、計算および実験を通じてシステムの成立性を示した。難燃性が常識とされるイオン液体について、適切な着火方法が存在することを明らかにしたことは、今後の液体推進薬開発に対して重要な知見を与えるものである。また、本研究成果は、宇宙推進工学、宇宙推進燃料工学および化学システム工学分野の発展に寄与するところが多い。

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。