

2023 年度
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	伊里友一郎
研究機関名	横浜国立大学
所属部署名	大学院環境情報研究院
役職名	准教授
研究課題名	高エネルギーイオン液体推進システムの創発
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本研究の目的は、高エネルギーイオン液体を推進剤とした新しいスラストシステムの実現に向けて、高エネルギーイオン液体の電気化学反応場における基礎特性や着火機構に関する基礎的反応学理を構築すると共に、スラストシステムのコアとなる燃焼器を具現化し、これを用いた燃焼試験を通じた推進性能評価を行うことである。これによって世界に先駆けて高エネルギーイオン液体の燃焼・着火制御を達成し、次世代高性能推進剤としての有用性を立証する。

アンモニウムジニトラミド (ADN) およびヒドロキシエチルヒドラジニウム硝酸塩 (HEHN) の 2 成分を混合して得られるマルチペアー・イオン液体が高エネルギーイオン液体推進剤として有望な組成として絞り込まれた。ADN 単体の融点は 92 °C であるが、HEHN との混合によって -20 °C (ガラス転移点は -65 °C) まで液体状態を維持でき、現行一液式推進剤であるヒドラジンの 1.5 倍以上の理論密度比推力を有することが示された。

高エネルギーイオン液体中の分解・燃焼反応機構を理論的に解析してモデル化するための基礎検討として、量子力学/分極連続体モデル (QM/PCM) 法と遷移状態理論を組み合わせた溶液中化学反応の反応速度定数推算法に関して、溶質分子の分配関数を再定式化することで高精度化させることに成功した。

電圧印加時の ADN/HEHN 系イオン液体推進剤の着火挙動を詳細計測するために火炎温度計測、電流電圧計測および高速度撮影を同期させる実験計測系を構築し、電圧印加による着火過程を解析した。ADN/HEHN 系イオン液体推進剤の着火は電解と熱分解が相互作用しながら着火に至るメカニズムによるものであり、電解に要する時間を短縮することが推進剤を効率的に着火誘起する上で重要であることが示唆された。

電圧印加方式を用いて高エネルギーイオン液体推進剤を着火させるために宇宙機用スラスタ燃焼器 (2 重円筒電極型燃焼器) を設計し、3D プリンターを活用して試作した。当該燃焼器を用いた ADN/HEHN 系イオン液体推進剤の燃焼によって推力獲得が可能であることを確認することができた。しかし、実測された推力は理論推力には到達しておらず、燃焼器構造の最適化による燃焼効率向上が必要である。加えて、推進剤を連続的に燃焼器に供給するシステム開発を検討する必要がある。