

(様式D-2)
(別 紙)

令和 5 年度 海外派遣研究員研究報告書

令和 5 年 11 月 22 日

日本大学理事長 殿
日本大学学長 殿

所 属 生産工学部 (生産工学研究所)

資格・氏名 准教授 ・ 菅沼祐介

■本報告書の内容を公表することは了承しております。

(公表可の場合、チェック■すること)

令和 5 年度海外派遣研究員 (短期 A) の研究実績を、下記のとおり報告いたします。

記

1 区 分 短期 A

2 研究課題

微小重力場における燃料液滴列燃焼に関する研究

3 派遣期間 西暦 2023 年 9 月 29 日 ~ 2023 年 11 月 5 日

4 派遣先 ドイツ ・ ブレーメン

5 研究目的

ドイツ航空宇宙局 (DLR) と宇宙航空研究開発機構 (JAXA) が国際共同観測ロケット実験実施に合意がなされ、ブレーメン大学の応用宇宙技術微小重力センター (ZARM) と申請者らを主とする日独共同チームは、2024 年度に小型ロケットを利用した微小重力環境における燃焼実験を実施する計画である。本制度による渡航において、ZARM ではロケット実験プロジェクトのドイツ研究チームとの情報交換や今後のプロジェクトの進め方および人的交流を目的に訪問した。滞在中の後半には、ブレーメンに隣接する都市であるオイテンにある Airbus Defense & space 社のロケット実験準備施設にて、前述のプロジェクトに関する実験装置準備作業を目的として訪問した。これらの海外研究設備先にて長期滞在を伴う人的交流と対面での協働を活性化し、今後の国際共同研究の発展を目指した。

6 研究概要

ロケットやガスタービンなど、エンジンの燃焼は相変化や分子拡散、流動、化学反応といった物理過程と化学過程が組合わされて時間発展する複雑現象である。基礎現象を理解・モデル化し、適切に組み合わせて現象を表す必要があり、分野横断的な課題である。燃焼は様々な環境負荷を生じるが、エネルギーの多様化が求められる現在、これを利用することは避けられず、理論や数値計算で正確に予測して負

(様式D-2)

荷最小化を達成することが社会として目標とする SDGs 達成に必要な不可欠である。エンジン燃焼は、混合気形成／自発点火／燃焼といった3つの過程に分割できる。混合気形成／燃焼過程は、それぞれ蒸発／火炎伝播といった現象をモデル化するが、低温場／高温場での現象であり、化学反応速度をそれぞれ無限小／無限大と近似でき、流動による物質輸送や熱伝達、熱力学的性質などの物理過程のみでモデル化できる。これに対し、遷移現象である自発点火過程では、物理過程の特性時間と化学反応の特性時間は同等で、両者共存のモデルが必要となる。さらに化学過程と物理過程の相互作用が存在する。このように、自発点火過程は、相互作用を考慮する必要がある。内閣府 SIP「革新的燃焼技術」の実用研究において、例えば乱流により自発点火が遅延するなどの観測事実が、既存の、物理、化学モデルの足し合わせで現象予測できないことが明らかにされたことで、次段階として、化学過程と物理過程の相互作用をどうモデル化できるかが新たな問いとなっている。

派遣先である ZARM の研究チームは単一燃料液滴の自発点火に関する微小重力実験にて通常の火炎よりも低温で燃える冷炎が生じることを発見し、その性質について継続的に研究を行ってきた。2018 年度まで参加した内閣府 SIP「革新的燃焼技術」による実用エンジンの効率向上研究において、流動場での異常燃焼や爆轟生成にこの冷炎が重要な役割を果たすこと、流動と反応との相互作用で冷炎の発生時期が変化することを明らかにした。これより、燃焼設計には冷炎を含む反応 - 流動相互作用の基礎データと物理モデル化が重要課題であることが判明した。宇宙実験では弾道飛行や軌道上で得られる微小重力場で自然対流を抑制した燃料液滴列の自発点火を観測できる。これは配列された燃料蒸気の湧出しのみ存在する、流動 - 反応干渉が生じる最も単純な場であるため、相互作用の観測に非常に有効である。これらを考慮し、早急に宇宙実験機会の確保、実施とその周辺の評価やモデル化を推進すべき科学的要求が生じている。しかしながら宇宙実験の機会は得難く、貴重な実験機会を有効利用するために高い実験技術を国内外問わず集約する必要性から、国際共同研究で実施することが必須かつ効果的と考えている。

7 研究結果・成果

派遣期間の前半では ZARM を訪問し、ロケット実験プロジェクトのドイツ研究チームとの情報交換を行った。液滴冷炎燃焼シミュレーションに関するプレゼンテーションを受けて意見交換を行い、今後のプロジェクトにおけるシミュレーションに関して情報の共有を行った。また、微小重力実験施設および研究実験装置の説明を受けて微小重力科学に関する情報交換を行った。ZARM 滞在中は他の関連研究者とも人的交流を行うことができた。後半はオイテンにある Airbus Defense & space 社のロケット実験準備施設にて、ロケット実験の準備作業を実施した。実験準備および認証試験を通して、ロケット実験に関するノウハウを習得することができた。現在日本国内ではロケット実験機会は極めて稀で、経験者不足で技術継承が危ぶまれるため、申請者はその技術継承役として経験を積むことができたと考える。

以 上