

共通微小重力実験装置を用いる高圧環境下における点火・燃焼に関する研究の報告

日本大学 野村浩司 山口大学 三上真人 東京大学 津江光洋
日本大学 山崎博司 大阪府立大学 瀬川大資 日本大学 田辺光昭
岐阜大学 高橋周平 九州大学 森上 修 電力中央研究所 橋本 望
東京大学 今村 宰

Report of the researches using the shared apparatus for microgravity experiments of ignition and combustion at high pressures

Hiroshi Nomura, Hiroshi Yamasaki
Nihon Univ., Narashino, Chiba 275-8575
E-Mail: nomura.hiroshi@nihon-u.ac.jp

Masato Mikami *Mitsuhiro Tsue* *Daisuke Segawa*
Yamaguchi Univ. The Univ. of Tokyo Osaka prefecture Univ.

Mitsuaki Tanabe *Shuhei Takahashi* *Osamu Moriue*
Nihon Univ. Gifu Univ. Kyusyu Univ.

Nozomu Hashimoto *Osamu Imamura*
Central Research Inst. of Electric Power Industry The Univ. of Tokyo

Abstract: Two experimental inserts, which can be installed into the shared apparatus, and a compact schlieren optics system were tested and used in normal and microgravity experiments. Combination test of the experimental insert of Kyusyu univ. and the apparatus for microgravity experiments of Nihon univ. was conducted. Four projects have been carried out, namely, temperature measurements near a droplet igniting at high-pressures, study on ignition and combustion characteristics of bifuel droplet consisting of two fuels with different volatility and/or reactivity, study on evaporation and ignition of a biomass fuel droplet, and study on effect of pressure on flame spreading along a fuel droplet array.

Key words; Combustion, High Pressure, Microgravity Experiments, Shared Experimental Apparatus

1. 研究背景と目的

高圧下燃焼の現象を複雑にしている自然対流が発生しない微小重力環境は、現象の相似性を保ちながら高圧下燃焼の基礎研究を行うのに最適な環境である。しかしながら、大気圧燃焼の実験装置に比較して高圧下燃焼の実験装置は大きい、重い、配線・配管の取り回しが複雑など、微小重力実験には不向きな点があり、高圧下燃焼の微小重力実験の例は少ない。高圧下燃焼の微小重力実験を行うためには実験技術の集約が必要であり、コスト削減・実験機会拡大のためには実験装置の共通化・共用化が必要である。「共通微小重力実験装置を用いる高圧環境下における点火・燃焼研究チーム」の目的は、高圧燃焼実験技術の集約、ISS 実験に向けての共通微小重力実験装置の提案、および高圧下燃焼に関する知見の共

有と統合を試みることである。

2. WG の活動内容

これまでに会議は2度行われ、本年度中に3回の会議を行う予定である。外部資金獲得状況としては、野村・橋本の共同研究「バイオマス燃料の高圧雰囲気における蒸発・点火現象」により、(財)電力中央研究所から予算を獲得することができた。今年度は研究チーム予算から共同利用共通実験装置(野村担当)を拡充すると共に、単一液滴点火・燃焼実験内部モジュール(森上担当)と単一液滴蒸発・燃焼実験モジュール(野村・橋本担当)の機械的・電氣的互換性を図り(Fig. 1 参照)、また液滴列燃え広がり実験内部モジュール(野村担当)を製作した。小型シュリーレン光学系(田辺担当)については、微小

重力実験で昨年度製作した光学系を用い、その性能と微小重力実験に対する適正を調べた（「音場での燃焼機構解明研究チーム」と連携）。今年度中に、再度これらの組み合わせ試験を実施する予定である。ISS 燃焼実験モジュールに共同利用高圧燃焼実験装置を搭載することを想定し、コスモトール落下塔用の実験装置を製作した。通信系も ISS 実験を想定し、全て無線 LAN 経由でコマンド送信、データ取得、画像モニタリングなどができるように設計した。

また、4つの研究テーマ、「高圧環境下における燃料液滴の点火における温度計測（九州大学）」、「高温雰囲気における反応性の異なる単一燃料液滴の自着火特性（山口大学）」、「バイオマス燃料の高圧雰囲気における蒸発・点火現象（日大・生産工学部+電力中央研究所）」、「液滴列を燃え広がる火炎と移動可能液滴の干渉に及ぼす圧力の影響（日大・生産工学部）」について、通常・微小重力実験を行った。比較的实验装置の共通化を図りやすい実験テーマを選んだ。

3. 各テーマの実験計画・準備状況・研究成果

3.1 高圧環境下における燃料液滴の点火における温度計測

共通高圧容器を用い、高圧下で実験を行った。正デカン/エタノール混合燃料液滴の加圧下での自発点火特性を実験的に把握することを目的とした。実用燃焼器は1MPa以上の圧力下にあるものが多いが、本年度はまずは二段点火が観測される0.3MPaを雰囲気圧力とした。雰囲気圧力0.3MPa、雰囲気温度620Kにおける正デカン/エタノール混合燃料液滴の自発点火について、微小重力場にて実験的観測を行った。エタノールのモル分率の増加に伴い冷炎および熱炎の点火遅れは増加した。冷炎の傾向は、熱炎の生じない大気圧下の傾向から説明できる。また、第二誘導期間はエタノールのモル分率にあまり依存せず、これは大気圧下での冷炎温度の傾向から説明できる。この混合燃料においては、雰囲気条件によってはパフィンが生じるので、その点火への影響について、高速度カメラを利用したさらなる観測が要される。

3.2 高温雰囲気における反応性の異なる単一燃料液滴の自着火特性

工業的に広く用いられている「セタン価」の評価を、基礎科学的な見地から考察することを目的とした研究テーマである。n-Tetradecane, Heptamethylnonane, n-Decane およびそれらの混合燃料を実験対象とした。セタン価が最も一般的に用いられるディーゼル機関用燃料の評価は、高圧である燃焼室内の点火現象に関する評価なので、本実験も高圧雰囲気での実験が今後主となる。今年度は、大気圧雰囲気において内部実験モジュールの試作実験

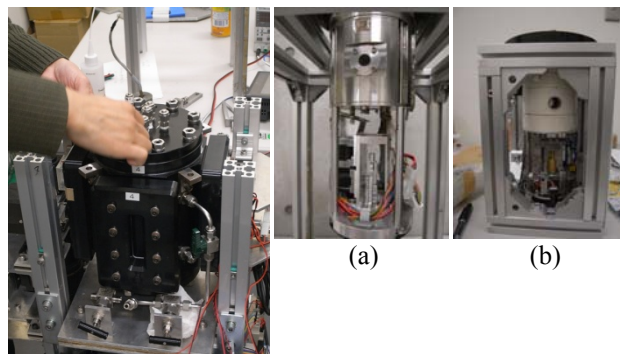


Fig. 1 Combination test; (a) Exp. module of Nihon univ., (b) Exp. module of Kyusyu univ.

装置を用い、基礎データの取得した。その結果、冷炎の発生により、蒸発時間は急激に減少すること、CN = 15 のヘプタメチルノナンは全条件において冷炎が発生しないことがわかった。また、揮発性が同等である場合、燃料のセタン価の増加に伴い、化学的着火遅れは減少し、物理的着火遅れはほぼ同等の値となることがわかった。揮発性が異なり、反応性が同等である場合、物理的着火遅れは揮発性の増加に伴い減少し、化学的着火遅れはほぼ同等の値となることがわかった。以上により、冷炎の着火遅れはセタン価では整理できないことがわかった。

3.3 バイオマス燃料の高圧雰囲気における蒸発・点火現象

従来使用されていた化石燃料と異なり、バイオマス燃料の基礎的なデータは不足しているのが現状である。特に実燃焼機内のような高圧雰囲気におけるバイオマス燃料の蒸発・点火・燃焼特性には不明な点が多い。本実験テーマでは、バイオマス燃料を噴霧燃焼器で採用する際に必要となる基礎データを、噴霧を単純化した単一燃料液滴で取得することが目的である。昨年度に引き続き、共通実験装置の高圧燃焼容器に内部実験モジュールを装着し、バイオマス燃料の一種であるジャトルファ油について、通常重力環境で実験を行った。幅広い雰囲気温度・圧力条件で蒸発速度のデータを取得することができた。

3.4 液滴列を燃え広がる火炎と移動可能液滴の干渉に及ぼす圧力の影響

実験モジュールの製作し、大気圧において試験を行った。液滴の列方向移動を可能にする懸垂線の表面処理方法および抗力測定方法を確立した。複数の移動液滴を燃え広がる火炎挙動を観察した。

謝辞

本WGは、「宇宙環境利用科学委員会」から研究費の補助を受けて微小重力実験を行っている。ここに感謝の意を表す。