

高圧環境下における点火・燃焼現象解明のための共通微小重力実験装置を用いた研究の報告

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 日本無重量総合研究所 野倉正樹
電力中央研究所 橋本 望

Report of the researches using the prototype 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@cit.nihon-u.ac.jp

Masato Mikami
Yamaguchi Univ.

Mitsuhiro Tsue
The Univ. of Tokyo

Daisuke Segawa
Osaka prefecture Univ.

Mitsuaki Tanabe
Nihon Univ.

Shuhei Takahashi
Gifu Univ.

Osamu Moriue
Kyusyu Univ.

Masaki Nokura
Microgravity Laboratory of Japan

Nozomu Hashimoto
Central Research Inst. of Electric Power Industry

Abstract: In our working group, three projects have been carried out, namely, study on Reynolds stress originated flame behavior in standing sound wave, study on evaporation, ignition and combustion of a biomass fuel droplet, and study on bifuel droplet ignition. Prototype high pressure combustion chamber, which was developed in the last fiscal year, was used in three projects. The increase in the portion of common-use module in an experimental apparatus will be planned. Microgravity experiments on high-pressure evaporation of a biomass fuel droplet were performed successfully.

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が必要である。「高圧環境下における点火・燃焼現象解明のための共通微小重力実験装置検討 WG」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・橋本両員の共同研究「高圧力雰囲気におけるバイオマス燃料液滴の蒸発・点火・燃焼特性に関する研究」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。また、三上員の「バイオディーゼル燃料液滴の蒸発・点火・燃焼に関する研究」により、(株)宇部興産から研究費補助を受けることができた。このような状況を踏まえ、昨年度試作を行った共通実験装置の高圧燃焼容器を3台製作し、3つのWG研究テーマで4つの実験計画を実行に移した。今年度末には、使用に際しての問題点の把握と改良案をまとめる。また、宇宙ステーションの多目的ラックの仕様がほぼ確定しているようなので、WGで提案する実験装置案に多目的ラックの仕様を反映さ

せる計画である。今年度 WG で実行する研究テーマは、「混合燃料液滴の自発点火に関する研究」, 「高圧力雰囲気におけるバイオマス燃料液滴の蒸発・点火・燃焼特性に関する研究」および「シュリーレン法による音場火炎の可視化」の3テーマである。

3. 各テーマの実験計画・準備状況・研究成果

3.1 混合燃料液滴の自発点火に関する研究

噴霧の自発点火特性を雰囲気条件に対応して系統的に把握するためには、噴霧を簡略化した単一燃料液滴の自発点火に関する研究が重要である。特に、実用燃焼器と同等の高圧下での燃料液滴の自発点火の機構については不明な点が多い。今後の燃料の多様化をにらみ、各種燃料の単一液滴を高圧高温の空气中で自発点火させ、点火遅れ、熱発生履歴、蒸発速度を実験的に計測して基礎データを取得し、着火・燃焼特性を把握する。これにより、燃焼器の設計、噴射方式の最適化、燃焼方式にあわせた燃料の最適化の指針とするのが本実験テーマの目的である。

本 WG で開発・設計された高圧容器内に、高温空気雰囲気を実現する電気炉、燃料液滴生成・移動装置を設置する。室温下で生成された液滴を瞬時に高温電気炉内に移動し、自発点火挙動を直接写真法ならびに熱電対にて計測する。

3.2 高圧力雰囲気におけるバイオマス燃料液滴の蒸発・点火・燃焼特性に関する研究

燃料多様化の要求、二酸化炭素排出量削減を背景にバイオマス燃料の利用が注目されている。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、通常および微小重力環境で実験を行った。紙面の都合上、ここでは高温高圧雰囲気中の液滴蒸発実験の結果についてのみ示す。図2に微小重力環境で測定されたPME（バイオマス燃料の一種であるパームメチルエステル）、正ヘキサデカン、および軽油の修正液滴寿命を、通常重力環境で得られたデータと比較して示す。軽油の修正液滴寿命があまり自然対流の影響を受けないのに対し、PMEの修正液滴寿命は自然対流の影響を強く受けることがわかった。また、低い雰囲気温度では、PMEの蒸発の終盤に急激に蒸発が遅くなる現象が観察された。これは、蒸発中にPMEの不飽和成分が重合反応を起こし、蒸発の遅い成分が生成されるためであることがわかった。

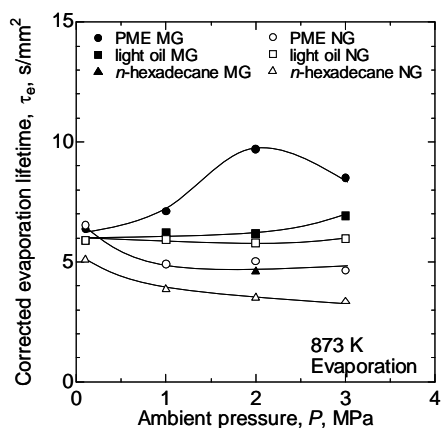


Fig. 1 Corrected evaporation lifetime at microgravity and normal gravity. Fuels are PME, n-hexadecane and light oil.

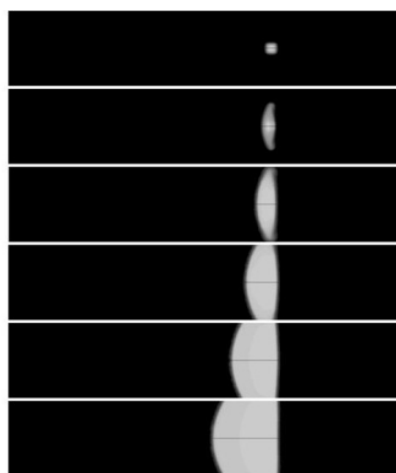


Fig. 2 Simulation results of flame propagation at high-pressure acoustic field. It was predicted that flame propagates to only one direction.

3.3 シュリーレン法による音場火炎の可視化

実燃焼器では、音響振動と燃焼がカップリングして起こる圧力振動が燃焼器の破壊に至る例がある。点火・火炎伝播に影響する自然対流を抑制して音場燃焼の基礎データを取得することが本テーマの目的である。音響振動の粒子速度による火炎の振動の定量化、乱流拡散による燃焼速度の変化、音響放射力による火炎形状の変化を検証(図2の計算予測)し、希薄限界付近での予混合水素-空気火炎の火炎核形成・伝播速度などをシュリーレン光学系により高速撮影する計画である。

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。