

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 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
 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: A part of the shared experimental apparatus, two experimental inserts, and a compact schlieren optics system were developed and fabricated. Three 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, and study on evaporation and ignition of a biomass fuel droplet. Fundamental data on two-stage self-ignition of fuel droplet at high-pressures and droplet self-ignition of palm methyl ester, which is a kind of biomass fuel, at high pressures were obtained at microgravities.

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。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)を作成すると共に、単一液滴点火・燃焼実験内部モジュール(森上担当)、液滴列燃え広がり実験内部モジュール(野村担当)、および小型シュリーレン光学系(田辺担当)を作成した。今年度中に、これらの組み合わせ試験を実施する予定である。昨年度までに3大学でそれぞれ1台作成した共通高圧容器に対しての個々の組み合わせ試験や作動試験は既に実行されている。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、従来のシュリーレン光学系より光路長を約半分にした小型シュリーレン光学系（図 1 参照）の開発を、「音場での燃焼機構解明研究チーム」と連携して実施した。

また、3つの研究テーマで微小重力実験を計画し、これまでに2つの研究テーマの MGLAB 実験を終了している。本年度微小重力実験を行う研究テーマは、「高圧環境下における燃料液滴の点火における温度計測」、「揮発性または反応性の異なる二成分から成る混合燃料液滴の着火・燃焼特性」および「バイオマス燃料の高圧雰囲気における蒸発・点火現象」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 高圧環境下における燃料液滴の点火における温度計測

これまで高温空气中で自発点火する燃料液滴近傍の温度計測を大気圧下で行ってきた。今年度は、共通高圧容器を用い、高圧下で実験を行った。低温酸化反応により誘起される冷炎のみが発生する大気圧条件では、冷炎の温度が雰囲気温度にあまり依存せず、その値は 750K 程度であった。高圧下では、冷炎の発生後に通常の視認できる火炎である熱炎が発生し、二段点火となった。熱炎発生時における液滴近傍の温度は、液滴中心より 1, 2 および 3 mm のなかで、1 mm において一番高かった。その値は雰囲気温度にあまり依存せず、これが冷炎発生から熱炎発生までの時間の雰囲気温度依存性が小さい特徴の要因と推察された。また、全計測位置中で熱炎発生時における温度の最高値は 810 K 程度であり、大気圧下での代表的な冷炎温度である 750 K より高かった。これは、圧力が上昇したことにより、低温酸化反応が活発になる方向に平衡移動したためだと考えられる。

3.2 揮発性または反応性の異なる二成分から成る混合燃料液滴の着火・燃焼特性

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。セタン価の評価に用いられるヘプタメチルノナンとヘキサデカン（セタン）の混合割合を変化させ、混合燃料液滴の点火現象を観察、点火機構を解明する。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装置を用い、基礎データの取得を行う。

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

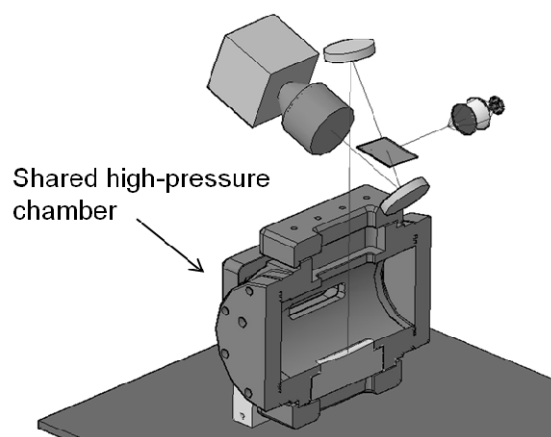


Fig. 1 Compact schlieren optics system.

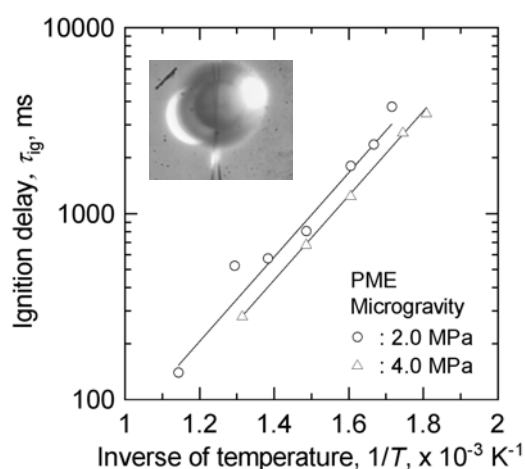


Fig. 2 Self-ignition delay time of PME as a function of the inverse of ambient temperature. (Microgravity)

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。ここでは高温高圧雰囲気中の液滴自発点火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）液滴の自発点火遅れ時間と雰囲気温度の逆数の関係を示す。両者の関係が、縦軸を対数表示にすると右上がりの直線になっていることより、自発点火が化学反応に律速されていることがうかがえる。

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。