

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試作および研究報告

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

Prototype of a shared apparatus for microgravity experiments of ignition and combustion at high pressures and results of research

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 and ignition of a biomass fuel droplet, and study on bifuel droplet ignition. Prototypes of a high pressure combustion chamber and an inner experimental module for single droplet evaporation/ignition/combustion were fabricated. Experiments on biomass fuel droplet evaporation at high pressures and high temperature were performed. Temporal variations of droplet diameter were measured at pressures from 0.1 to 2.0 MPa successfully.

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

1. 研究背景と目的

微小重力環境では、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ため、高圧下燃焼の基礎研究に最適である。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、実験技術の集約、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、日本宇宙フォーラムの公募地上研究に田辺員の研究テーマ「定在音場のレイノルズ応力を受ける火炎の挙動」が継続中である。また、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。このような状況を踏まえ、これまでに行ってきた共通実験装置の高圧燃焼容器の設計を製作図面に反映させ、試作した。また、「混合燃料液滴の自発点火に関する研究」および「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」で共通に使用できる高圧容器内部モジュールを試作した。

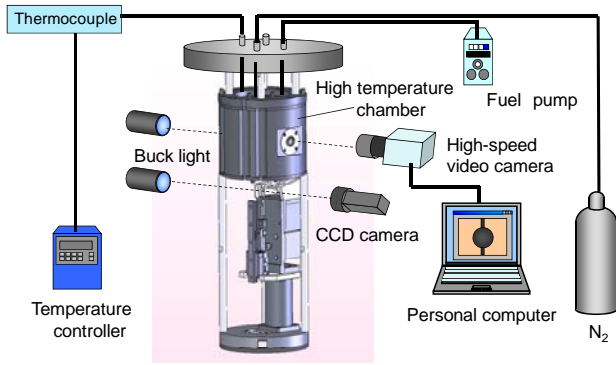


Fig. 1 Experimental module.

3. 共通実験装置の開発状況と研究報告

3.1 共通実験装置の開発状況

共通実験装置の高圧燃焼容器部に関して詳細設計を行い、これまでに2台試作した。また、単一液滴の高温・高圧力雰囲気における蒸発・点火・燃焼実験用に、内部実験モジュールを1台試作した。図1に内部モジュールと周辺装置の概略を示す。実験装置は、高温容器、懸垂線支持部、液滴移動装置、液滴生成装置、温度制御装置、および液滴観察装置から構成される。2本の懸垂線を交差させ、交点に液滴を付着させた。懸垂線として、直径が7 μm のアルミナ・シリカファイバ(ニチビアルフ)を用いた。高温容器には、液滴の観察用にガラス窓が1対設けられている。現象観察にはBacklit法を用い、高速度ビデオカメラ(フレームスピード: 100, 250 fps)で記録した。液滴生成部の監視にはCCDカメラを用い、懸垂線への液滴の付着および液滴直径の確認をおこなった。液滴生成装置は、燃料ポンプ、パルスモータおよびガラス針から構成される。燃料ポンプの吐出時間を制御することにより、ガラス針先端に直径0.5 ~ 0.6 mmの液滴を生成した。ガラス針をパルスモータにより移動させ、懸垂線の交点に液滴を付着させた。懸垂線が張られた懸垂線支持フレームは、スライダ・クランク機構を採用した液滴移動装置の可動部に取り付けられており、懸垂された液滴を液滴生成部上部に設置された高温容器内に移動させることができる。本年度、本装置を用いて微小重力環境における高温高圧液滴蒸発実験を行う予定である。

3.2 研究報告

紙面の都合上、「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」について報告する。前節の内部実験モジュールを使用し、通常重力環境において液滴蒸発および燃焼実験を行った。ここでは、液滴蒸発実験の結果を報告する。燃料にはパームメチルエステル(PME)を用い、PMEと平均炭素数が比較的近い正ヘキサデカンと比較単一成分燃料として実験を行った。図2に

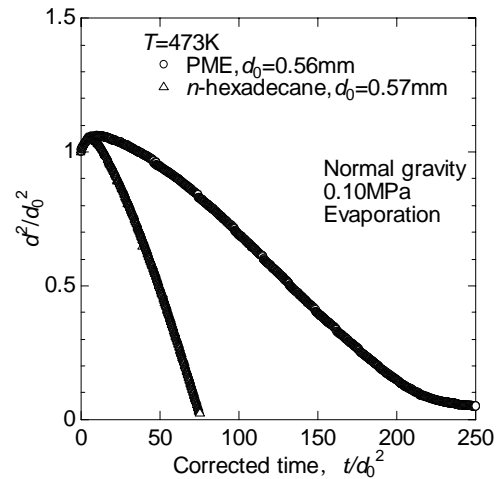


Fig. 2 Temporal variations of squared nondimensional droplet diameter (evaporation).

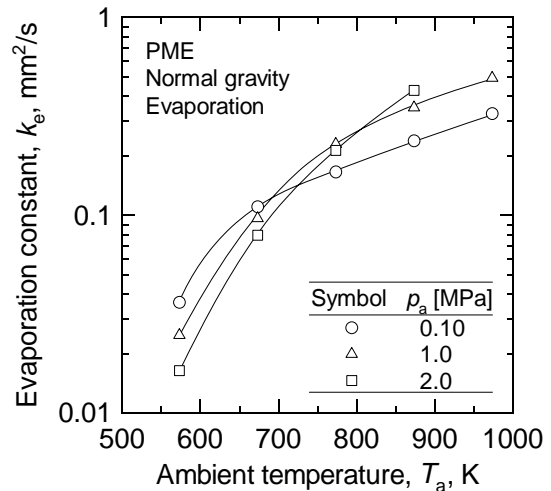


Fig. 3 Evaporation constant as a function of ambient temperature.

PMEと正ヘキサデカンの直径の2乗履歴の一例を示す。縦軸および横軸は、初期液滴直径の2乗で正規化した。同一雰囲気温度では、PMEの方が蒸発寿命が長かった。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、PMEに含まれる沸点の高い成分が濃縮されて終盤に蒸発しているためと考えられる。蒸発が急激に遅くなる前の蒸発係数を測定し、温度の関数として図3に示す。単一成分燃料の場合と同様、低雰囲気温度では、圧力の上昇に伴って蒸発係数が減少し、高雰囲気温度では減少した。

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。