

## 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2011年度活動報告

|            |             |               |
|------------|-------------|---------------|
| 森上 修 (九大)  | 野村 浩司 (日大)  | 三上 真人 (山口大)   |
| 津江 光洋 (東大) | 山崎 博司 (日大)  | 瀬川 大資 (大阪府立大) |
| 田辺 光昭 (日大) | 高橋 周平 (岐阜大) | 橋本 望 (電中研)    |
| 今村 幸 (日大)  |             |               |

### 2011 Annual Report on activity of the research team on ignition and combustion at high pressures with a shared apparatus for microgravity experiments

*Osamu Moriue\**, *Hiroshi Nomura\*\**, *Masato Mikami\*\*\**, *Mitsuhiro Tsue\*\*\*\**, *Hiroshi Yamasaki\*\**, *Daisuke Segawa\*\*\*\*\**, *Mitsuaki Tanabe\*\**, *Syuhei Takahashi\*\*\*\*\**, *Nozomu Hashimoto\*\*\*\*\**, *Osamu Imamura\*\**

\*Kyusyu Univ., 744 Motoooka, Nishi-ku, Fukuoka, Fukuoka 819-0395

E-Mail: moriue@mech.kyushu-u.ac.jp

\*\*Nihon Univ., \*\*\*Yamaguchi Univ., \*\*\*\*Univ. of Tokyo, \*\*\*\*\* Osaka prefecture Univ., \*\*\*\*\* Gifu Univ., \*\*\*\*\* Central Research Inst. of Electric Power Industry

Abstract: Bifuel-droplet generator with in-situ mixing function has been developed for microgravity experiments on droplet evaporation, ignition and combustion of binary fuel at high-pressures. Microgravity experiments with the Kyusyu University's experimental insert and the shared experimental apparatus will be conducted at the 5 m drop tower of Nihon University on the coming March. Four researches have been carried out, namely, "database construction of elementary process for modeling of spontaneous ignition of fuel sprays at high pressures", "study on effect of radiative heat loss on droplet combustion at high-pressures", "study on evaporation and ignition of a biomass fuel droplet", and "study on secondary flow in acoustic field at high-pressures".

*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。

今年度は、軌道上で2成分燃料の混合比を設定できる、現場混合式2成分燃料液滴生成装置の開発を行った。また、九大の実験インサートと共有実験装置を組み合わせる微小重力実験を行う計画である。

#### 2. WGの活動内容

これまでに会議は2度行われ、本年度中(2012年3月10日)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現場混合式2成分燃料液滴生成装置(森上担当)を製作した。また、九州大学の単一液滴点火・燃焼実験インサートと同様、単一液滴蒸発・燃焼実験(野村・橋本担当)のインサートも外付けだった燃料タンクおよびポンプを内部組込式に改造した。今年度開発した現場混合式2成分燃料液滴生成装置も、燃料タンクおよびポンプヘッドは、実験インサートに設置する設計とした。小型シュリーレン光学系(田辺担当)については、昨年度製作した光学系の光源について改造を行い、微小重力実験を行った。

ISS 燃焼実験モジュールへの搭載を想定した共同利用高圧燃焼実験装置に、本年度は、九州大学の実験インサートを装着し、日本大学5m落下塔(微小重力時間:1.1s)で3月に1週間の微小重力実験キャンペーンを行う計画である。

4つの研究テーマ、「高圧下における燃料噴霧の

自発点火のモデル構築を目指した素過程のデータベース確立（九州大学）」、「高圧環境下における液滴燃焼に及ぼす輻射熱損失の影響（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）」、「高圧環境下における音場での2次流れの解明（日大・理工学部）」について、通常・微小重力実験を行った。

### 3. 準備状況・研究成果

#### 3.1 高圧下における燃料噴霧の自発点火のモデル構築を目指した素過程のデータベース確立

実用燃料は多成分から成る燃料であること、またバイオマス燃料を従来の化石燃料に混ぜて使用する試みがなされていることなどから、多成分燃料液滴の点火・燃焼現象を理解することは重要である。共通高圧容器を用い、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試みた。本年度は特に、沸点が大きく異なる成分から成る混合燃料の特徴である燃焼中のパフィンが点火遅れ時間のばらつきに与える影響について検証を行った。液滴初期直径を1 mm、雰囲気圧力0.3 MPa、雰囲気温度620 Kの条件で、液滴中心から鉛直下向きに3 mm離れた位置の温度履歴を調べた。通常重力環境では、正デカン50%/エタノール50%の混合燃料の場合、パフィンを起こした。図1に10回の実験で得られた温度履歴をまとめて示す。冷炎の発生時期がデカン単一成分燃料液滴のそれと比較して大きくばらつくことがわかった。地上予備実験の結果、パフィンが冷炎の発生時期に影響を与えることが示唆された。今後、同様の実験を微小重力環境で行う。微小重力環境の実現には、日本大学の5 m落下塔を利用する。

軌道上実験で、2成分燃料の成分割合を実験パラメータとして変更できるようにするため、現場混合式2成分燃料液滴生成装置を開発した。1滴が300~400 pL程度の極微小液滴を液滴懸垂部に向けて千数百回連続噴射し、粗大液滴を生成する方法である。極微小液滴生成ノズルと燃料タンクを2組用意し、実験インサート内に設置した。それぞれのノズルから噴出される微小液滴の個数の比を変更することで、生成する液滴の成分割合を変更する。地上作動試験を行った結果、大気圧から2 MPaの雰囲気において、液滴生成に成功した。今後、微小重力環境での作動試験を行う計画である。

#### 3.2 バイオマス燃料の高圧雰囲気における蒸発・点火現象

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く、基礎的なデータも不足している。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

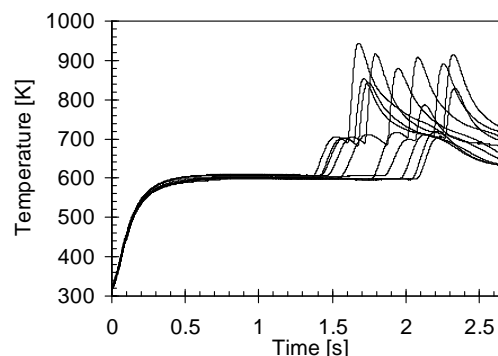


Fig. 1 Temperature history 3 mm below a droplet (decane 50%/ ethanol 50%) inserted into the environment of 620 K in temperature and 0.3 MPa in pressure.

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。共通実験装置の高圧燃焼容器に本年度燃料ポンプを設置した実験インサートを装着し、バイオマス燃料の一種であるジャトルファ油およびパームメチルエステルについて、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。また、液滴直径自動計測ソフトの改善、これまで直径計測が不能になってしまった高圧雰囲気中の液滴画像を計測できるようになった。

#### 3.3 高圧環境下における音場での2次流れの解明

実機燃焼器で発生する音響が燃焼に及ぼす影響を解明するため、定在音場での局所加熱/冷却で発生する対流の可視化を数値計算および微小重力実験で行った。微小重力実験での可視化は、本研究グループで開発してきた小型シュリーレン観察系で行った。今年度シュリーレン光学系の光源光学経路に改良を加えた。微小重力環境の実現には、日本大学15 m落下塔を使用した。音場の速度の腹と節の中間点を加熱すると、温められた空気は節方向に、冷却の場合には反対に腹方向に流れることがわかった。これは、これまでに提案してきた密度差に比例する音響放射力で説明できる結果となった。腹で加熱した場合には、温められた空気は音波の波面方向に拡がることわかってきたが、冷却の場合にも同様に波面方向に拡がったため、密度差に比例する力で流されているわけではないことが新たに判明した。この波面方向の流については、音響放射力とは異なる機構を考慮したモデル化が必要であると結論づけられた。

#### 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装置の製作を行っている。ここに感謝の意を表す。