

## 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

### Feasibility study on 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](mailto: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, two projects started. One is a study on Reynolds stress originated flame behavior in standing sound wave, and the other is a study on evaporation and ignition of a biomass fuel droplet. A high pressure combustion chamber of the shared experimental apparatus was designed, and its stress and displacement at high pressures were numerically analyzed. One experimental module, which was designed for the shared experimental apparatus, has been made. Experiments on droplet evaporation at high pressures and high temperature were performed. Temporal variations of droplet diameter were measured at pressure of 5.0 MPa successfully.

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

#### 1. 研究背景と目的

内燃機関の燃焼は、機関の性能向上・小型化の要求から高圧力下で行われる。実機の燃焼が高圧下燃焼であるにもかかわらず、微小重力環境で行われている燃焼の基礎研究の多くは大気圧下での燃焼が研究対象となっており、物性や熱伝達、物質輸送、運動量伝達が大きく変化する高圧下燃焼の現象解明は十分に行われていない。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

本年度、新たに2名のメンバーが大学以外の研究機関から加わり、10名のWGとなった。微小重力環境の工業的利用の観点から、望ましい方向に進めたと考える。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」が採択された。また、野村・橋本両員の共同研究「バイオマス燃料液滴の蒸発・着火

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、製作に移行している。

### 3. 共通実験装置の開発状況と研究の進行状況

#### 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、現在製作に移行している。図1に高圧燃焼容器(耐圧:5 MPa, 内径:100 mm, 高さ:220 mm)の外観を示す。容器軸方向に長い観察窓を有する点の特徴である。これまでにこのような観察窓を有する高圧容器を設計した経験がないので、容器の変形も考慮した有限要素法により、応力・変形解析を行って安全性を検討し、改良を加えた。その結果、強度を大きく設計することが最も困難な窓ガラスにおいて、長時間破壊強度に対して安全率1.7, 引張破壊強度に対して安全率6.7の設計を行うことができた。今後、水圧テストを行い、安全性の確認を行う。

#### 3.2 公募地上研究

定在音場では、密度変化とレイノルズ応力不均一に起因する熱対流が発生することが確認され、これまでに、この対流に関する流体モデルを作成し、実験検証してきた。本研究では、音場での燃焼現象を取り上げ、この対流の効果を考慮した分析により、実用燃焼器で問題となる振動燃焼時の燃焼機構に関する知見を得る。比較的簡潔な燃焼モデルで記述できる予混合火炎を研究対象に選ぶ。音場における火炎伝播では、上記の熱対流の影響で火炎形状や伝播速度が変化したり、応力の不均一による火炎面不安定が生じたりすると予想され、これがこれまでに明らかにしてきた熱対流の性質から説明できるか検証する。定在音場のような流体振動と応力の不均衡・不均一が存在する場での火炎の挙動を調査し、相互干渉を予測できる燃焼計算の指針を得ることを目的とする。本年度は実験に使用する高圧容器の導入を行う。容器本体はWGで検討している高圧容器の設計を使用する。

#### 3.3 共同研究の進行状況

電力中央研究所では、バイオマス燃料の発電用ガスタービンへの適用性評価を目的として、基礎燃焼特性評価装置による大気圧燃焼実験を行っている。しかしながら、実際の発電用ガスタービン燃焼場の圧力は20気圧程度の高圧であり、燃料液滴の蒸発速度は大気圧条件下と大きく異なることが予想される。本共同研究では、大気圧条件下で行われた燃焼実験を実機の運用・設計に生かすため、燃料液滴蒸発特性・着火特性の圧力依存性を把握する。今年度は、WGの高圧燃焼容器と実験モジュールの互換性がある地上用高圧容器と実験モジュールの設計製作を行

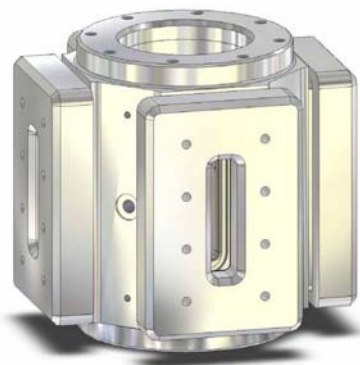


Fig. 1 High-pressure combustion

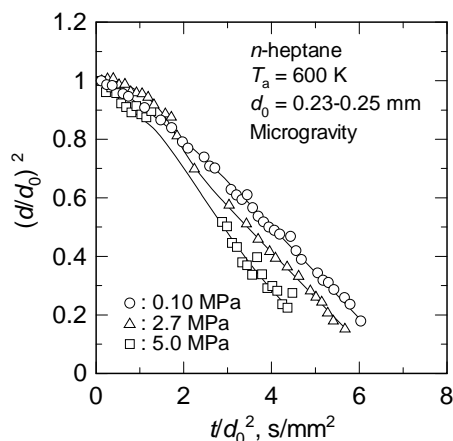


Fig. 2 Temporal variations of squared nondimensional droplet diameter.

った。また、それと平行して、小型落下塔(微小重力時間:1.1 s, 日本大学所有)でも時間を要する液滴の蒸発実験が可能ないように、微小燃料液滴の使用が可能なる蒸発実験モジュールを開発し、既存の高圧容器を使用して正ヘプタンによる予備実験を行った。高圧容器内に設置する高温容器の設計に関しては、微小液滴が観察部に到達するまでの加熱量を最小限に抑えるように工夫した。図2に得られた液滴直径の時間履歴を示す。微小液滴を用いたことにより、高温高圧気体中の光路が短くなったため、以前では微小重力環境では困難であった<sup>1,2)</sup> 雰囲気圧力5.0 MPaにおける直径履歴の取得を行うことができた。

#### 参考文献

- 1) 野村, 氏家; 微小重力場における高温高圧雰囲気中の単一燃料液滴の蒸発挙動, 日本機械学会論文集B編, 61, 4137-4143 (1995).
- 2) Nomura, H. et al.; Experimental Study on High Pressure Droplet Evaporation Using Microgravity Conditions, Proc. Combust. Inst., 26, 1267-1273(1996).