

平成20年 3月20日

平成19年度「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」活動報告書

日本大学生産工学部 野村 浩司

1. 構成メンバー

氏名	所属
野村 浩司	日本大学
三上 真人	山口大学
津江 光洋	東京大学
山崎 博司	日本大学
瀬川 大資	大阪府立大学
田辺 光昭	日本大学
高橋 周平	岐阜大学
森上 修	九州大学
野倉 正樹	日本無重量総合研究所
橋本 望	電力中央研究所

2. 本年度WG 会合開催実績

- (1) 第1回(インターネット会議) : 平成19年9月3日~28日, ISS 公募に関する打ち合わせ
- (2) 第2回 : 平成19年12月6日, 微小重力実験中間報告, MGLAB の改修について
- (3) 第3回 : 平成20年2月29日, 共通実験装置製作状況報告, 微小重力実験報告, ISS 公募について, MGLAB の改修について

3. 活動目的

本WG 参加者の中の3名は, 同じ実験装置を使用して異なる高圧下燃焼

の微小重力実験を行った経験を持つ。また, 参加者全員が落下塔・航空機実験の経験豊富である。これらの経験をベースにして小型ロケットやISSで使用することを目的とする共通実験装置を提案することが本WG の目的である。また, 高圧下燃焼の様々な微小重力実験テーマを地上公募研究に提案する。参加者相互の高圧下燃焼に関する微小重力実験の技術的・学術的情報交換も本WG の重要な目的である。最終的には, 複数のPI が高圧下燃焼に関する微小重力実験を軌道上の共通実験装置で行うことを計画し, 複数の高圧下燃焼現象に対して有用な知見を見いだす。

以上, WG の目的を箇条書きにすると次の通りである。

- ・ 共通実験装置を提案する。
- ・ 高圧下燃焼の様々な微小重力実験に関して, インキュベータとしての役割を果たす。
- ・ 参加者相互の高圧下燃焼に関する微小重力実験の技術的・学術的情報交換。

4. 活動内容

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

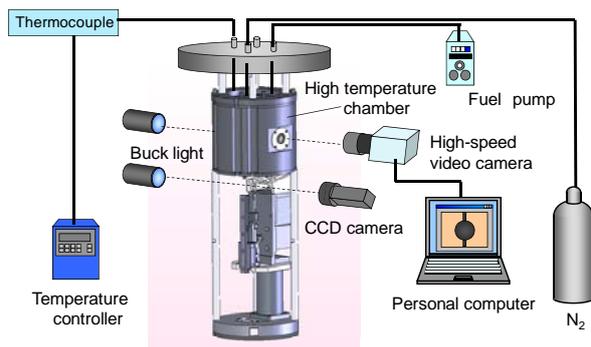


Fig. 1 Experimental module.

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。

4.1 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

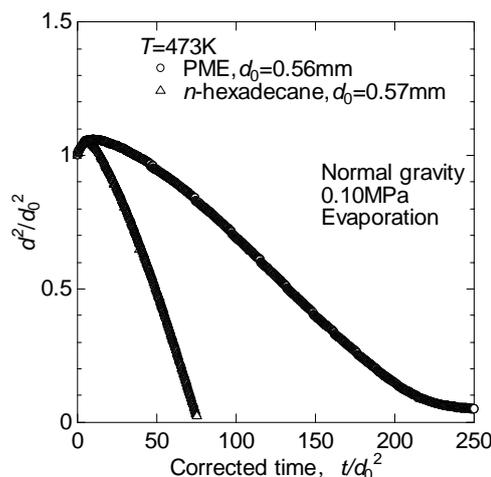


Fig. 2 Temporal variations of squared nondimensional droplet diameter (evaporation).

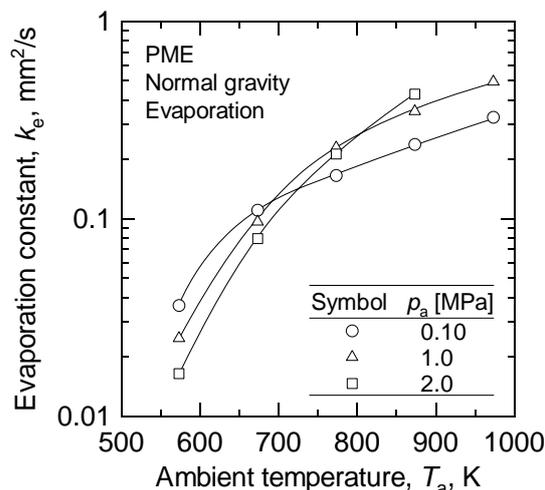


Fig. 3 Evaporation constant as a function of ambient temperature.

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。

4.2 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

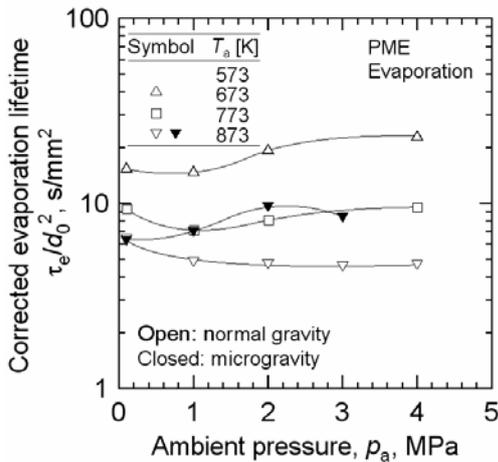


Fig. 4 Corrected evaporation lifetime as a function of ambient pressure.

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 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.

MGLAB を使用した微小重力実験の結果を Fig.4 に示す. 液滴蒸発の速さを, 液滴寿命を初期直径の 2 乗で正規化した修正液滴寿命で示す. PME の修正液滴寿命は圧力の上昇に伴って増大した. また, 雰囲気圧力 2.0 MPa から減少する傾向がみられた. 再現性

については, 次年度確認する. 単一成分燃料である正ヘキサデカンに比べ, PME の場合, 通常重力環境で得られた修正液滴寿命と微小重力環境で得られた修正液滴寿命の差が大きかった. 同じ多成分燃料である軽油には見られない特徴である. この点も, 今後明らかにしていく.

今年度製作した高圧容器内部モジュールは, 微小重力・高温・高圧環境で正常に作動し, 実験データを取得することができた.

5. 成果

1. 日本宇宙フォーラムの平成 18 年度公募地上研究補助金を獲得 (田辺員). 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
2. (財)電力中央研究所から予算を平成 18・19 年度獲得 (橋本員, 野村員). 研究テーマ: バイオマス燃料液滴の蒸発・着火特性に関する研究.
3. 平成 19 年度科学研究費補助金 (基盤研究(C)) を獲得 (野村員). 研究題目: 放射加熱による燃料液滴の蒸発・爆発の実験および数値解析.
4. 野村浩司, 三上真人, 津江光洋, 山崎博司, 瀬川大資, 田辺光昭, 高橋周平, 森上 修, 野倉政樹, 橋本望, 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, 第 23 回宇宙利用シンポジウム, (2008).
5. 鈴木真人, 野村浩司, 橋本 望, 氏家康成, バイオマス燃料液滴の蒸発・燃焼と微小重力実験装置の開発, 第 16 回微粒化シンポジウム講演論文集, pp. 100-103, (2007).
6. 嶋田桂, 井ノ口序, 江藤大二郎, 森上修, 村瀬英一, 高温空気中における正デカン液滴周囲の冷炎の温度計測, 日本機械学会 2007 年度年次大会講演論文集(3), pp. 331-332, (2007).

7. Osamu MORIUE, Kei SHIMADA, Daijiro ETO and Eiichi MURASE, Cool Flame Behavior around an Isolated n-Decane Droplet in a Hot Air under Microgravity, Third International Symposium on Physical Sciences in Space (ISPS 2007), pp. 197-198, (2007).
8. 江藤大二郎, 嶋田桂, 佐原寛哉, 森上修, 村瀬英一, 正デカン/エタノール混合燃料液滴の冷炎発生特性, 第16回微粒化シンポジウム講演論文集, pp. 87-91, (2007).
9. 森上修, 野村浩司, 村瀬英一, 各種液体燃料の高温空気中における蒸発・自発点火特性に関する研究, 第24回宇宙利用シンポジウム講演論文集, (2008).
10. Osamu MORIUE, Kei SHIMADA, Daijiro ETO, Hiroya SAHARA, Fumihiko NAKASHIMA and Eiichi MURASE, Cool-Flame Characteristics of n-Decane and n-Decane/Ethanol Droplets in a Hot Air, Proceedings of the Combustion Institute, 32 (投稿中).
11. 遠藤康弘, 諸岡利希, 微小重力環境におけるバイオマス燃料の蒸発・点火・燃焼, 日本大学学士(工学)審査論文, (2008).