

## 液滴間隔の広い条件における正デカン液滴列火炎燃え広がり的高圧微小重力実験

日大生産工(院) ○橋田 聖 日大生産工 野村 浩司  
日大生産工 菅沼 祐介 日大生産工 氏家 康成

## 1 緒言

我々の身近にあるディーゼルエンジンやガスタービンエンジンなどは噴霧燃焼という燃焼形態が用いられている。化石燃料を効率良く使うためには噴霧燃焼のメカニズムを解明する必要がある。本研究では実機の噴霧から燃料の液滴を等間隔の3次元マトリックスにモデル化し、その一部を切り取った1次元液滴列を実験モデルとして使用する。

実機での燃料液滴直径は数  $\mu\text{m}$  から十数  $\mu\text{m}$  であり、重力による自然対流の影響はほとんど受けない。しかしながら、実機と同じ燃料液滴直径で実験を行い観察することは困難であるため、実験では観察しやすい大きさの燃料液滴を用いることが多い。液滴が大きくなると重力による自然対流の影響が無視できなくなる。そこで本研究では、微小重力環境で実験を行うことにより重力による自然対流の影響を排除する。また、高圧環境での実験を行うことで、より実機に近い条件での実験を可能とした。

本報では、昨年度の実験にて結果のばらつきが大きかった燃え広がり速度データを再取得した結果、および液滴間隔のより広い条件における液滴列燃焼実験を行い火炎燃え広がり速度について調べた結果を報告する。

## 2 実験装置および実験方法

図1に実験装置の概略を示す。実験装置は主に燃焼容器、液滴列移動装置、液滴列支持装置、液滴列生成装置、点火装置、高圧容器、光学系、制御装置、高圧容器内部温度測定用の熱電対によって構成されている。液滴列が挿入される燃焼容器には、正方形断面の一边が  $15\text{ mm}$ 、火炎燃え広がり方向の奥行きが  $25.7\text{ mm}$  の光学セルを用いた。液滴列支持装置は直径  $14\text{ }\mu\text{m}$  の SiC ファイバとステンレス管で構成されており、SiC ファイバの懸垂線の中点に燃料液滴を懸垂させた。点火源側(燃焼容器開端側)の端の液滴を第1液滴とし、順に番号を付けた。燃焼

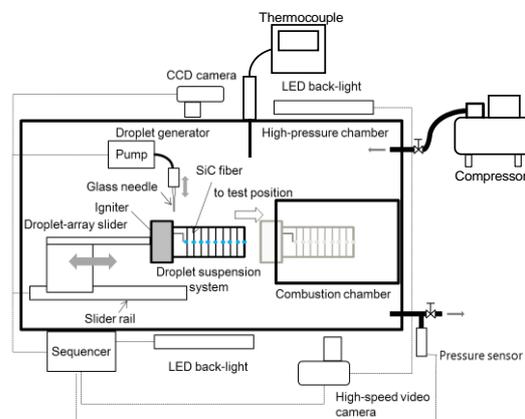


Fig.1 Experimental apparatus.

容器閉端側の最終液滴は、燃焼容器閉端面から液滴間隔の  $1/2$  離れた位置に配置した。初期液滴直径は  $0.48\text{ mm}$  とし、直径の精度は  $\pm 5\%$  以内とした。燃料には正デカンを使用した。火炎燃え広がり観察および記録には高速度ビデオカメラを使用し、撮影速度を  $2000\text{ fps}$ 、露光時間をオープン、画像サイズを  $512 \times 384\text{ pix}$  とした。液滴間隔を初期液滴直径で除した値である無次元液滴間隔を  $3.75 \sim 10$  の範囲で変化させ、実験を行った。雰囲気圧力は  $0.10 \sim 0.30\text{ MPa}$  とした。また実験の前後に高圧容器内部温度の測定を行った。

全ての実験は本学内にある小型落下塔(微小重力時間  $1.1\text{ s}$ )を用いて微小重力環境で実施した。液滴の点火の判断は、火炎からの熱で懸垂線が発光する時刻から求めた。火炎燃え広がり速度  $V_f$  は液滴点火の時間履歴から算出した。

## 3 実験結果および検討

## 3.1 液滴間隔が広い条件での実験

これまで、本実験装置では無次元液滴間隔が  $6.25$  の条件まで実験が行われており、より広い液滴間隔の条件で実験を行った。図2に無次元液滴間隔  $10$ 、 $0.10\text{ MPa}$  の条件における点火時刻と液滴位置の関係を示す。3回の実験のばらつきは小さく、火炎燃え広がり速度の平均値は

## High Pressure Microgravity Experiments of Flame Spread along a n-Decane Droplet Array at Wide Droplet Spacing Conditions

Satoshi KITTA, Hiroshi NOMURA, Yusuke SUGANUMA and Yasushige UJIIE

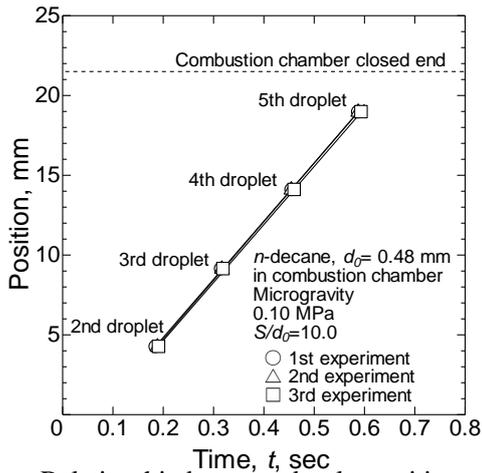


Fig. 2 Relationship between droplet position and ignition time.

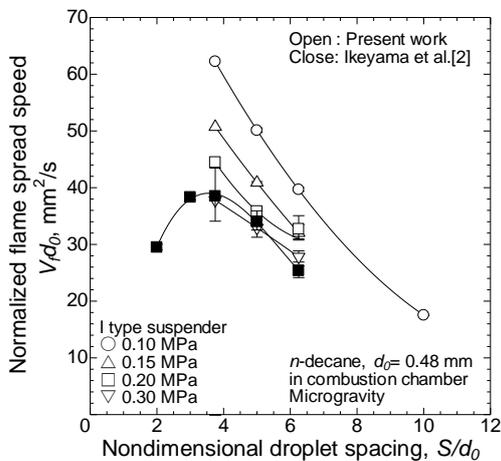


Fig. 3 Effect of ambient pressure on the relationship between normalized flame spread speed and nondimensional droplet spacing.

36.5 mm/sであった。本実験装置は高橋の実験結果<sup>1)</sup>と比較できるように、初期液滴直径と燃焼容器正方形断面のスケール比をあわせてある。高橋の実験では初期液滴直径が0.8 mmであり、液滴列の周囲は当量比0.2の非常に希薄なデカン蒸気で満たされているものの正規化火炎燃え広がり速度がほとんど相違ない結果が得られた。実験装置の小型化により初期液滴直径は0.8 mmから約半分にしたため、全ての液滴に火炎が燃え広がりきるまでの時間が減少した。これにより、微小重力時間の長い外部の大型落下塔を使用せずとも、本学内の小型落下塔を用いて幅広い条件での実験が可能となった。

無次元液滴間隔が3.75から6.25の範囲では液滴の個数を10個に統一して実験を行ったが、無次元液滴間隔10の条件では燃焼容器の大きさの制約から液滴の個数を5個に減らして実験を行った。点火の影響がある第1液滴から第2液滴までのデータを除けば、最終液滴である第5液滴までグラフの傾きがほぼ直線であること

から、この区間における火炎燃え広がり速度は定常といえる。液滴個数が減ったことで、燃え広がり速度を解析する際のデータ点数は減少するが、本条件においては第2液滴から第5液滴までのデータでも火炎燃え広がり速度が解析できることがわかった。

### 3. 2 ばらつきが大きかったデータの再取得

昨年度までに取得されたデータ<sup>2)</sup>において、火炎燃え広がり速度の結果にばらつきが大きいデータが存在した。特定の条件でのみばらつきが大きかったため、再実験を行いデータを取得した。図3に無次元液滴間隔が火炎燃え広がり速度に及ぼす影響について調べた結果を示す。各プロットは平均値を示しており、エラーバーは最大値と最小値である。昨年度の実験と比較すると、エラーバーが小さくなっており、再現性の高い結果が得られたことが分かる。しかしながら、昨年度と比較して正規化火炎燃え広がり速度は増大する結果となった。本実験における室温は昨年度の実験に対し最大12.8 °C高い環境で実験を実施した。液滴の初期温度が高いことで、燃え広がる火炎による液滴の加熱に要する時間が短くなり、正規化火炎燃え広がり速度が増大したと考えられる。今後、雰囲気温度が燃え広がり温度に与える影響を精査するとともに、実験条件の統一が必要である。

## 4 結言

高圧微小重力環境にて雰囲気圧力が火炎燃え広がり速度に及ぼす影響について調べた。以下に得られた知見を示す。

- 1) 初期液滴直径を小さくしたことで、学内小型落下塔を用いて幅広い条件における実験が可能となった。
- 2) 無次元液滴間隔10において、液滴個数が5個でも火炎燃え広がり速度を解析することができた。
- 3) 再実験により昨年度よりも再現性の高いデータを得ることができた。

### 「参考文献」

- 1) 高橋弘, 微小重力環境を利用した燃料液滴列火炎燃え広がりにおける液滴と火炎の熱的干渉に関する研究, 平成22年度修士論文。
- 2) 池山典孝, 燃料液滴列の火炎燃え広がり速度に及ぼす雰囲気圧力と当量比の影響, 平成26年度修士論文。