

## 空気量の制限された閉空間における燃料液滴列の火炎燃え広がり

日大生産工(院) ○佐藤 賢一 日大生産工(院) 大窪 弾  
日大生産工 野村 浩司

## 1. 緒言

噴霧燃焼は多くの実用燃焼器に使われている燃焼方式であるが、燃料の微粒化、蒸発、蒸気の拡散、点火、火炎の形成の過程が同時に進行する複雑な現象である。空間的不均一性、液滴直径の不均一性、燃焼容器内のガス流動などが更に現象を複雑にしている。そのため、現象の詳細な把握は非常に困難となっている。

過去の研究では、噴霧中の液滴群に対する火炎燃え広がり現象を調べるため、一次元液滴列を用いて火炎燃え広がり速度や燃え広がり限界、気体当量比が燃え広がり速度に及ぼす影響等が調べられてきた。しかしながら、高圧雰囲気、燃料蒸気・空気予混合での燃料液滴列での火炎燃え広がりとは明らかにされていない。

本研究の実験のモデルをFig.1に示す。本研究では噴霧燃焼現象を解明するため、燃料噴霧に形成された火炎を単純モデル化し、平面火炎に突入する3次元液滴マトリックスモデルから、一部を切り出した液滴列を用いた。3次元液滴マトリックスが燃焼する際の液滴間の物質移動・熱移動対称面を燃焼容器壁面で実現することにより、液滴列の実験結果を3次元に拡張して議論できるように工夫した。燃料液滴、蒸気、および空気が同時に存在する状況でも実験が行えるよう、液体当量比 $\phi_l$ 、気体当量比 $\phi_g$ および総当量比 $\phi$ が部分予蒸発の場合と同様に定義できるように燃焼容器が設計されている。

## 2. 実験装置および方法

実験装置をFig.2に示す。実験装置は、高圧容器、燃焼容器、液滴列生成装置、液滴列移動措置、液滴列支持部、燃焼容器移動装置、観察窓、点火装置、および制御装置から構成されている。燃焼容器の材質にはアルミニウム合金、石英ガラス、ガラス、およびPEEKが用いられている。火炎から壁への熱損失を抑制するため、容器内壁には熱伝導率の低い石英ガラ

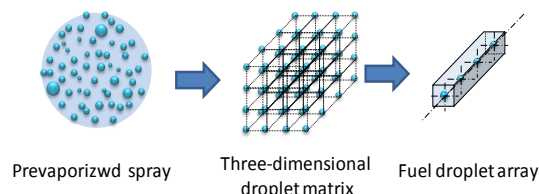


Fig.1 Experimental apparatus.

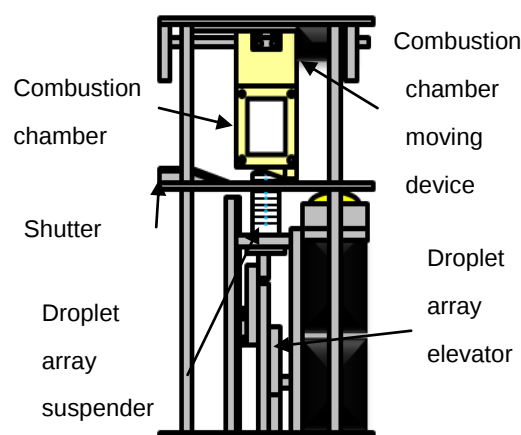


Fig.2 Device Configuration

スを用いた。実験空間は、火炎燃え広がり方向に垂直な断面が正方形（15 mm×15 mm）である。長さ 35 mm の直方体であり、長手方向の一方は開放端、他方は閉端である。火炎燃え広がり方向は、開放端から閉端に向かう方向とした。燃焼容器移動装置は、ステップモータ、ミニチュアリニアガイドおよびボールねじが用いられている。

液滴列支持部にはアルミニウム合金で作成した。基部にステンレス管で作成した直方体形状の枠が取り付けられており、その枠に X 字型に交差させた懸垂線を等間隔に複数組設置し、その交点に液滴を懸垂させて液滴列を実現する。懸垂線には液滴形状を球状にすることができ、液滴や周囲気体への熱伝達などの影響が小さい点から、直径 14  $\mu\text{m}$  の SiC ファイバを使用

Flame Spread along a Fuel Droplet Array in Closed Space with Limited Air Volume

Kenichi SATO, Dan OUKUBO, Hiroshi NOMURA

する。隣り合う液滴の中心間距離の平均値を液滴間隔  $S$  とする。液滴は最大で 10 個配置し、点火源に最も近い液滴を第 1 液滴と呼ぶことにする。最終液滴は、閉端から  $S/2$  離れた位置に配置した。

点火装置は熱面点火方式を用いた。点火電熱線には直径  $0.29\text{ mm}$  の鉄クロム線を用い、通電することで第 1 液滴を点火させた。点火線をベークライトに固定し、それを液滴列支持部基部に固定した。

液滴移支持部動装置はステッピングモータで駆動し、スライダ・クランク機構により、液滴列を液滴列生成位置から燃焼実験位置に移動させている。モータには、マイクロステップのステッピングモータを用いた。

液滴列生成装置は注射器、燃料供給ポンプ、テフロンチューブ、ステンレス管、液滴を懸垂線に付着させるガラス針、およびガラス針移動装置から構成される。ガラス針はガラス管をプーラで引き延ばして製作した。ガラス針外直径は  $40\mu\text{m}$  であり、小さな液滴を懸垂線交点に生成できる。

実験は、大気圧、室温で行った。第 1 液滴を除く全ての液滴の平均初期直径  $d_0$  は  $1.0, 1.5\text{ mm}$  とした。液滴列中の個々の初期液滴直径は、 $d_0$  の  $\pm 8\%$  以内とした。液滴間隔  $S$  は 2 で一定とした。

### 3. 実験結果および考察

液滴間隔が 2 の条件での火炎燃え広がり挙動を Fig3 に示す。初期液滴直径は  $1.0\text{ mm}$  である。点火電熱線の発行が視野に入るのを防ぐため、第 1 液滴は写っていない。時刻  $0.24\text{ s}$  で第 3 液滴に火炎燃え広がりが起こり、 $0.48\text{ s}$  で最終液滴である第 10 まで燃え広がりが起こっている。また、最後まで火炎が燃え広がったにも関わらず、第 2 以後の液滴は懸垂線に残っていることが確認できた。

Fig4 に液滴の初期直径を  $1.0$  および  $1.5\text{ mm}$  に変化した場合の、液体当量比が増大しても火炎は常に最終液滴である第 10 液滴まで燃え広がった。一方、火炎燃え広がりにより燃え尽きる液滴の数は、常に閉端に位置する第 1 液滴のみであった。第 1 液滴の場合、点火電熱線の余熱で蒸発した可能性もある。初期火炎燃え広がり段階では、容器内の酸素が十分であったが、その後の群燃焼を維持する酸素が不足し、開放端近傍の液滴以外が燃え残ったと考えられる。

### 3. 結言

3次元マトリックス燃料液滴群の火炎燃え広がりを模擬する実験を行うため、実験装置の設計・製作を行った。石英ガラス燃焼室を用いた火炎燃え広がり実験を行った。無次元液滴間隔が 2 の条件では、初期直径が  $1.0$  および  $1.5\text{ mm}$  の場合、火炎は最終液滴まで燃え広がる。火炎がすべての液滴に燃え広がっても、第 2

0.12s

0.24s

0.36s

0.48s

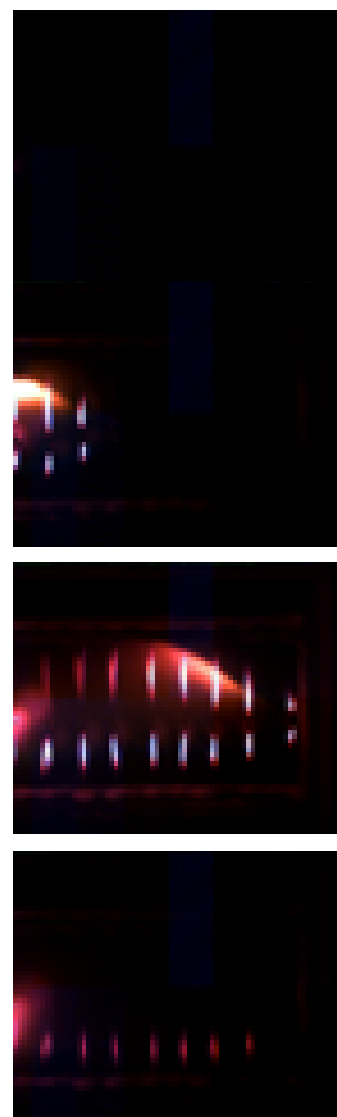


Fig.3 Flame spread behavior.  $s/d_0=2$

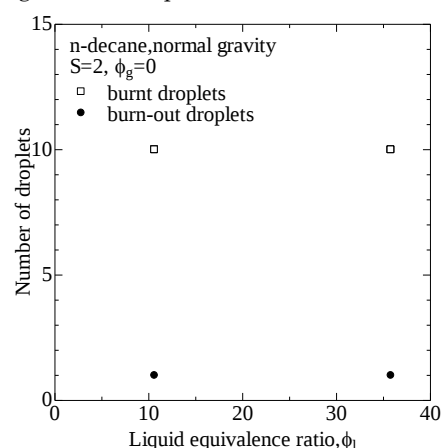


Fig.4 The numbers of droplets ignited by spreading flame and burn-out droplets as a function of liquid equivalence ratio

液滴以後の液滴が懸垂線に残っていることが観察された。