ISSN 2186-5647

3-11

正デカン液滴列の火炎燃え広がりに及ぼす雰囲気圧力と液滴間隔の影響

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

1　緒言

噴霧燃焼のメカニズムは未だ完全には解明されていない．本研究では火炎燃え広がり方向に平行な燃焼容器壁面を物質移動・熱移動の繰り返し対象面と見なせるように工夫し，実機の噴霧を，火炎燃え広がり方向に等間隔な等液滴直径の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．これにより，1 次元液滴列で得られた実験結果を3 次元マトリックスに拡張して将来議論することが可能である．実験は，重力による自然対流の影響を抑制するため微小重力環境で実施した．また，高圧環境で実験を行うことで，より実機に近い条件での結果を取得した[1)].

本報では，雰囲気圧力と液滴間隔を変化させて液滴列燃焼実験を行い，雰囲気圧力と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，および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，正方形断面の光学セルを用いた．図2に液滴列支持装置を示す．液滴列支持装置は直径14 μm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ガラスビーズを付着させ，燃料液滴をそのビーズに懸垂させた．最も点火源側(燃焼容器開端側)の液滴を第1液滴とし，順に番号を付した．燃焼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. 過去に得られた実験データ[2)]との比較を容易にするため, 光学セル正方形断面のスケールの比から，初期液滴直径は0.48 mmとし，直径の精度は±5%以内とした．液滴の個数は，液滴間隔に応じて6から10個である．燃料には正デカンを使用した．火炎燃え広がりの観察および記録には高速度カラービデオカメラを使用し，撮影速度を2000 fps，露光時間をオープン，画像サイズを512×384 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2から12.5の範囲で変化させた. 雰囲気圧力は0.10から0.60 MPaの範囲とした．また実験は室温で行い，実験の前後に高圧容器内部温度の測定を行った．

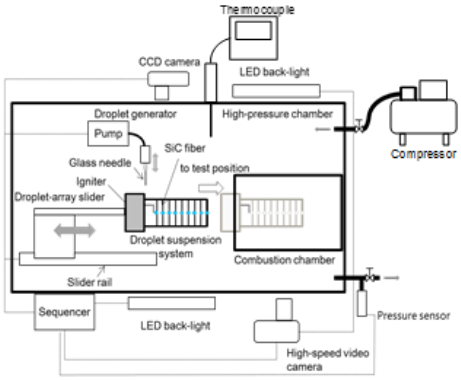

Fig.1 Experimental apparatus.

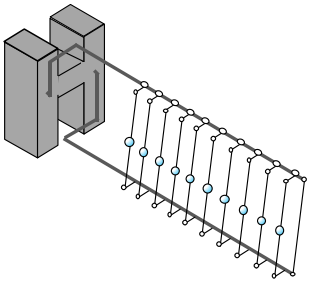

Fig.2 Droplet suspension system.

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 s)を用いて微小重力環境で実施した．各液滴の点火時刻は．火炎からの熱で懸垂線が赤熱する時刻とした. 火炎燃え広がり速度は, 火炎燃え広がり速度V_fと初期液滴直径d_0の積である正規化火炎燃え広がり速度を用いて評価した．火炎燃え広がり速度は，各液滴の位置と点火時刻から算出した．

3　実験結果および考察

図3に無次元液滴間隔が正規化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．無次元液滴間隔がおよそ3から3.75で正規化火炎燃え広がり速度は最大となった．雰囲気圧力を増大させても正規化火炎燃え広がり速度の無次元液滴間隔に対する増減の傾向は変化しなかった．

図4に雰囲気圧力が正規化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．いずれの無次元液滴間隔においても，正規化火炎燃え広がり速度は雰

Effect of Ambient Pressure and Droplet Spacing on the Flame Spread of *n*-Decane Droplet Array

Satoshi KITTA, Yusuke SUGANUMA, Hiroshi NOMURA and Yasushige UJIIE

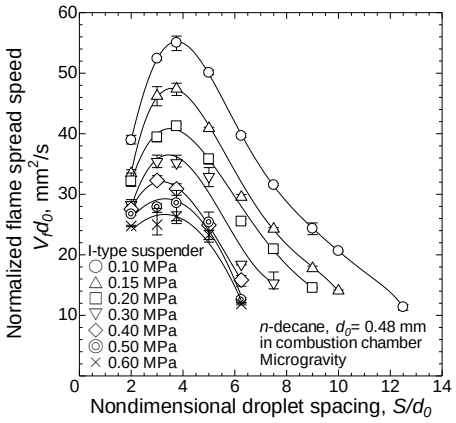

Fig.3 Effect of ambient pressure on the relationship between normalized flame spread speed and nondimensional droplet spacing.

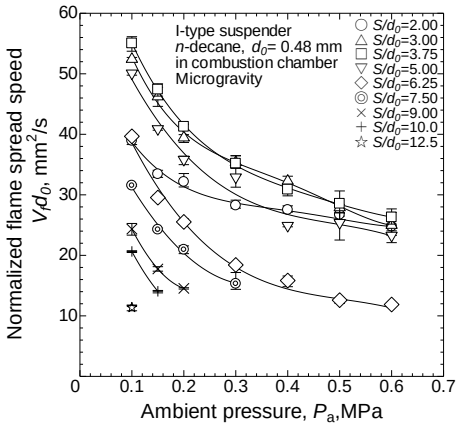

Fig.4 Relationship between ambient pressure and normalized flame spread speed.

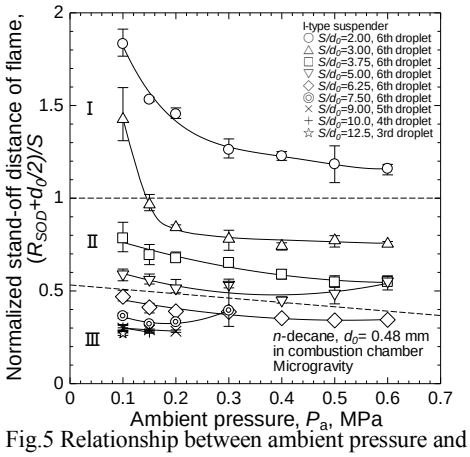

Fig.5 Relationship between ambient pressure and normalized stand-off distance of flame.

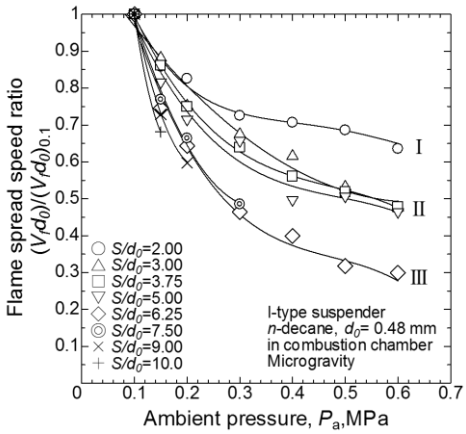

Fig.6 Relationship between ambient pressure and flame spread speed normalized by atmospheric pressure.

囲気圧力の増大に伴って減少した．雰囲気圧力が増大すると空気密度が増大し，既燃液滴から未燃液滴への温度伝達率が減少したため，正規化火炎燃え広がり速度が減少したと考えられる．

本実験では，懸垂線の赤熱から火炎位置を推定した．液滴懸垂線が最初に赤熱した位置を輝度で重み付け平均し，液滴中心から赤熱位置の距離を初期火炎半径 R_{SOD}とした．燃え広がり火炎の先端が半球形だと仮定し，初期火炎半径が既燃液滴中心から未燃次液滴表面までの距離に占める割合を示したのが図5である．縦軸の値が1以上の場合は，既燃液滴の初期火炎が未燃液滴に接触するため，火炎燃え広がりモード[3] は1であると考えられる．無次元初期火炎半径が1未満の場合は既燃液滴の初期火炎が未燃液滴に接触しないため，火炎燃え広がりモードは2または3であると考えられる．初期火炎成立に若干遅れて画像に現れる輝炎の繋がり方から，燃え広がりモード2と3は区別した．

図6に，正規化火炎燃え広がり速度を同一無次元液滴間隔の大気圧における正規化火炎燃え広がり速度によって無次元化した燃え広がり速度比に及ぼす雰囲気圧力の影響について調べた結果を示す．燃え広がり速度比の雰囲気圧力依存の度合いは，おおよそ3つのグループに分けることができ，それぞれのグループは燃え広がりモードに対応していることがわかる．モード1が雰囲気圧力の影響が最も小さく，モード3が最も大きい．燃え広がり速度に及ぼす雰囲気圧力の影響は，燃え広がりモードによって大別できることがわかった．

4　結言

高圧微小重力環境にて雰囲気圧力と液滴間隔が火炎燃え広がり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) 無次元液滴間隔が3から3.75で正規化火炎燃え広がり速度は最大となった．
2) 雰囲気圧力が増大すると正規化火炎燃え広がり速度は減少した．
3) 燃え広がり速度に及ぼす圧力の影響の度合いは，火炎燃え広がりモードに対応した3つのグループに大別され，モード1が雰囲気圧力の影響が最も小さく，モード3が最も大きい．

「参考文献」

1) H. Kobayashi et al., Proc. Comb. Inst. 29, (2011) p.2595-2610.
2) H. Nomura et al., Proc. Comb. Inst. 33, (2011) p.2013-2020.
3) 梅村 章, 日本機械学会論文集(B 編), 68巻 672号 (2002) p.254-260.