

バイオマス燃料液滴を用いた微小重力・高圧力実験における懸垂システムの考案

日大生産工(院) ○村越 好泰 日大生産工(院) 楊 之晨
日大生産工 野村 浩司 電力中央研究所 橋本 望

1. 緒言

現在、我々の生活にとって化石燃料は欠かせないものとなっているが、化石燃料は近い将来に枯渇することが予想されている。化石燃料への依存から脱却するためにも、化石燃料の代替燃料が必要になる。そこで注目されているのがバイオマス燃料である。最近では我が国においてもバイオマス燃料が実用化され始めている。バイオマス燃料が注目されている理由は大きく分けて3つ考えられる。1つ目はカーボンニュートラルである。バイオマス燃料の燃焼によって二酸化炭素を発生するが、バイオマスの起源である植物が成長過程で二酸化炭素を光合成により吸収してくれるため、地球規模の二酸化炭素のバランスに与える影響は少ない。また、発生した二酸化炭素が新たに植物に吸収されて新たなバイオマスを生成するという概念である。2つ目は再生可能資源であるということである。化石燃料の再生には時間がかかるため、現在は消費し続ける一方であるが、バイオマス燃料は数年から数十年で再生できる。3つ目は液体・固体・気体として貯蔵でき、既存の機関に大きな変更を加えることなく利用できることである。

本研究は、バイオマス燃料を発電用ガスタービンに適用することを目的とし、バイオマス燃料および燃料の主成分の単一液滴蒸発・点火実験を行う。今年度は、液滴生成部から実験部へと移動させる時間の短縮を図った。移動中に生じる液滴の蒸発・点火を防ぐことや、落下塔を用いた微小重力実験において、短い微小重力時間を有効利用することなどが目的である。移動時間は従来の0.18 sから0.1 sへと短縮した。しかしながら、移動速度を速めたことによって液滴支持部の振動が大きくなり、液滴を懸垂したまま移動させることが困難になってしまった。原因として、液滴支持装置の周期の短い振動による液滴の脱落

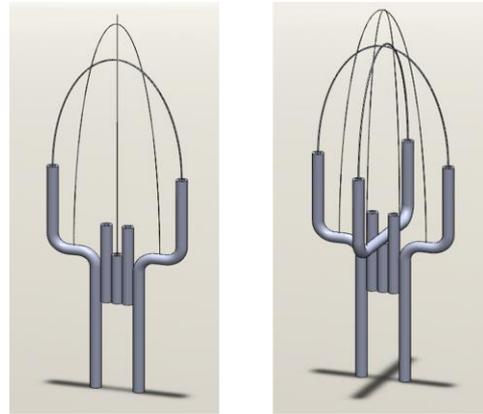


Fig1. Structure of droplet suspension system.

や、周期の長い大きな振幅の振動による高温容器や断熱材への液滴の接触などが考えられた。そこで我々は振動しにくい液滴支持部の製作を行った。

2. 液滴支持部の構造

図1に旧型液滴支持部と新型液滴支持部の構造を示す。液滴支持部は懸垂線支持部および懸垂線により構成される。懸垂線支持部は両者ともに曲げ加工および銀ロウ付けを行った外径1 mm、内径0.6 mmのSUS中空管と、アーチ状に張られた直径78 μm のSiCファイバより構成される。二次元的な構造である旧型懸垂線支持部に対して、新型懸垂線支持部は三次元的な十字型にすることで液滴を移動させる際に生じる振動の抑制を図った。旧型懸垂線支持部を用いた液滴懸垂方法について記述する。過去に行われた蒸発実験においては、直径7 μm の $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ ファイバを懸垂線とし、アーチ状および縦に1本ずつ設置し、交点を液滴懸垂位置とした。また液滴の温度計測を行う場合はアーチ状に張られた $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ ファイバを直径13 μm のK種熱電対に変更した。点火実験においては直径

Improvement of droplet suspension system for evaporation and ignition experiments of biomass fuel droplet at high pressures under microgravity condition
Takahiro MURAKOSHI, Shishinn YO, Hiroshi NOMURA and Nozomu HASHIMOTO

7.5 μm の SiC ファイバを懸垂線とした。交点の位置はアーチ状に張られた直径 78 μm の SiC ファイバの頂点から約 3 mm 上方とした。

次に新型懸垂線支持部を用いた液滴懸垂方法について記述する。アーチ状に張られた 2 本の直径 78 μm の SiC ファイバにそれぞれ 1 本ずつ懸垂線をアーチ状に設置し、交点を液滴懸垂位置とした。新型懸垂線支持部を用いたの蒸発実験および点火実験においても、懸垂線にはそれぞれ $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ ファイバおよび SiC ファイバを用いる予定である。

3. 懸垂線支持部の振動の比較

高速度ビデオカメラにより撮影された映像から、直径 78 μm の SiC ファイバの振動の比較を行った。旧型懸垂線支持部の振動数は約 400 Hz、振幅が約 0.67 mm、安定するまでの時間が約 0.3 s であった。一方で新型懸垂線支持部の振動数は約 167 Hz、振幅は約 0.02 mm、安定するまでの時間は約 0.17 s であり、旧型懸垂線支持部と比べて新型懸垂線支持部の方が振動を抑えられていることがわかった。

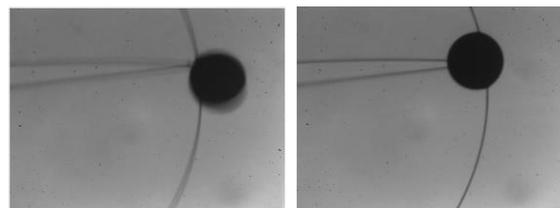
4. 液滴の振動

点火実験用液滴支持部を用いて液滴を懸垂し、液滴の移動の可否および振動の検証を行った。粘性が低い燃料の液滴を移動可能であれば他の燃料でも移動が可能であると考えられるため、燃料にはヘプタンを使用した。液滴直径は 0.5 mm とした。図 2 に移動開始から 0.1 s および 0.17 s 後の液滴の様子を、図 3 に液滴の水平方向および垂直方向の位置履歴を示す。時刻の原点は、液滴生成部から液滴を移動開始した時点である。液滴を拡大撮影しているため、実験部付近に液滴が移動してくるまでは液滴の中心位置を測定することができない。そのため、液滴移動に要する時間である 0.1 s 付近まではプロットが存在しない。液滴の垂直方向の振動は約 0.17 s に、水平方向の振動は約 0.15 s に減衰していることがわかる。過去の実験における移動時間 0.18 s で液滴を移動させた際に液滴が静止するまでの時間は水平方向および垂直方向ともに約 0.23 s~0.26 s であり、新旧ともに移動後に液滴の振動が減衰するまでの時間は約 0.07 s であり、ほとんど変わらないことがわかった。

5. 結言

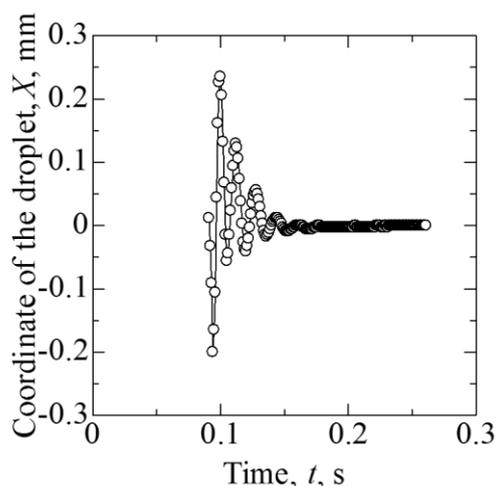
単一液滴の蒸発実験および点火実験における液滴移動時間の短縮に伴い、新たな液滴支持部を考案し、旧型液滴支持部との比較を行った。得られた知見を以下に列挙する。

- (1) 新型液滴支持部では振動の抑制が図られた。

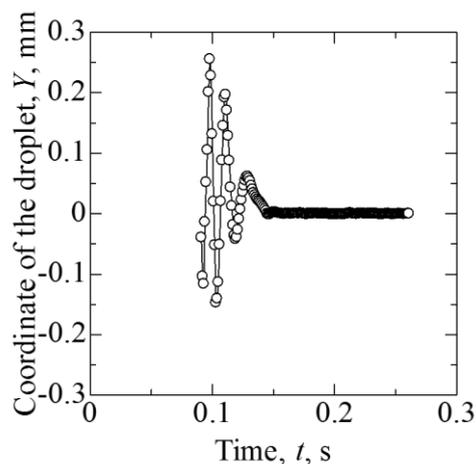


(a) 0.1 s (b) 0.17 s

Fig2. Droplet after the movement.



(a) horizontal direction



(b) vertical direction

Fig3. Histories of droplet position.

- (2) 移動直後に発生する液滴の振動が停止するまでの時間は新型および旧型液滴支持部ともにほぼ同じである。
- (3) 新型液滴支持部を用いることで、直径 0.5 mm のヘプタン液滴を 0.1 s で生成部から実験部まで移動させることができる。

「参考文献」

- 1) 金子堅太郎, 微小重力環境を利用した高温・高圧力雰囲気におけるバイオマス燃料液滴の蒸発温度計測