

乳化燃料液滴燃焼時の二次微粒化過程の分類

日大生産工(院) ○高橋 大河
日大生産工 山崎 博司, 今村 幸

1. まえがき

バイオディーゼル燃料(BDF)はカーボンニュートラルの観点から注目されているが、製造過程で発生する脱水によるエネルギー消費と燃料変質などについての課題がある。乳化燃料は水を混入させる燃焼手法であり、BDF燃料の脱水条件の緩和への一手法となりうるものと考えられる。乳化燃料の燃焼過程では二次微粒化が発生することによる環境適合が期待されるが、未解決な点が多く、検討¹⁾がなされている。また、混合燃料に関する二次微粒化発生に関しては理論的な検討²⁾もなされているものの、燃料の二次微粒化における液滴の崩壊過程については十分な検討がなされているとは言い難い。二次微粒化における液滴崩壊過程では液滴が爆発して瞬時に消散する場合および蒸気泡発生により母液滴は崩壊するものの消散せず子液滴として飛散する場合がある。前者はマイクロ爆発とされ、火炎場への影響が大きい。一方で後者はマイクロ爆発として分類されているものの、子液滴として再蒸発があるなど、広義のパフィンングとしてとらえることができる。他方で、マイクロ爆発、パフィンングなどについての数値的な定義は見当たらないのが現状であり、これらの現象の判別は二次微粒化を有効利用できる新燃料の設計に有用と考えられる。以上から、本研究では液滴崩壊過程について画像処理によりマイクロ爆発、パフィンングを判別手法について検討したので、その結果について報告する。

2. 実験条件および解析方法

実験装置は既報³⁾と同じであり、初期液滴直径 $d_0=1.4\text{mm}$ について通常重力下、室温、大気圧、静止空気中での液滴燃焼で発生する二次微粒化の高速度画像 (Vision Research 社製 Phantom v2512 12000fps) を対象とした。供試燃料はベース燃料を n-hexadecane, 体積割合 0.77, 含水率 0.20 と一定とし、界面活性剤にポリオキシエチレンアルキルエーテル(エ

マルゲン LS - 110, 花王(株), HLB = 13.4) 0.03 一定とした乳化燃料である。上記の液滴燃焼における液滴崩壊過程について検討を行った。

二次微粒化における液滴崩壊過程は液滴内部での蒸気爆発による飛散であり、その飛散速度とともに、液滴の位置移動が重要な要素となる。ここでは液滴崩壊過程における画像上での液滴およびその崩壊画像の重心位置移動およびそれらの飛散速度によってマイクロ爆発とパフィンングの判別を検討することとした。Fig.1 に重心位置の解析手法の例を示す。画像は液滴飛散開始直後の結果である。ここでは原画像について二値化処理を行い、輪郭を抽出し、その輪郭のモーメントを計算することにより重心座標を算出した。Fig.2 は液滴崩壊における飛散速度の解析例を示す。図はマイクロ爆発での飛散過程であり、原画像について水平方向の画素値を抽出し、その画素値が急激に減少する位置を検出し、崩壊液滴の到達位置とし、その変化から飛散速度を算出した。

3. 実験結果および考察

Fig.3, Fig.4に崩壊画像における重心位置の移動距離の結果を示す。縦軸は、崩壊開始時を原点とした重心の位置移動距離であり、横



Fig.1 崩壊画像の重心算出手法

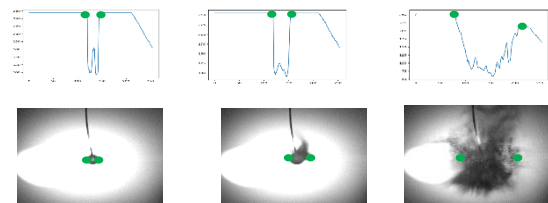


Fig.2 液滴の飛散速度算出手法

Categorization of secondary atomization processes
of a burning emulsified droplet

Taiga TAKAHSHI, Hiroshi YAMASAKI, Osamu IMAMURA,

軸はその経過時間である。Fig.3はマイクロ爆発として分類した急激な爆発の結果であり、重心の移動距離は小さく、かつ0.03ms以内の現象である。Fig.4はパフイングに分類した子液滴を伴う緩慢な液滴崩壊の例であり、重心位置の移動は大きく、撮影視野内に確認できる時間も長い。Fig.5に液滴の飛散速度の経時変化を示す。赤青点はそれぞれマイクロ爆発、パフイングを示す。図からマイクロ爆発で瞬時に飛散速度は上昇し、そのまま液滴は消散する。一方でパフイングでは崩壊過程初期では飛散速度が大きいものの、時間経過とともに飛散速度は低下する。なお目視の分類ではマイクロ爆発として分類されていた崩壊過程であるが、パフイングとして分類された結果を緑点で示している。

上記の結果を踏まえ、重心移動および飛散速度を用いたマイクロ爆発、パフイングの判別を試みた結果をFig.6に示す。横軸は二次微粒化発生時からの重心位置の移動距離、縦軸は飛散速度である。赤点がマイクロ爆発、青点がパフイングであり、緑点がマイクロ爆発とされていた崩壊過程である。図からマイクロ爆発は上方に位置しており、パフイングは重心位置が大きく、速さが小さい位置に集約されていることが確認することができる。以上の結果から、飛散速度と重心位置の移動距離によりマイクロ爆発とパフイングの判別を数値的に行える可能性を示すことができた。一方でマイクロ爆発の結果は広い範囲にばらついていて、その原因としては二値化処理における閾値の設定が考えられ、今後検討が必要があることが明らかとなった。

4. まとめ

乳化燃料液滴燃焼時に発生する二次微粒化における液滴崩壊過程の判別を定量的に検討することを目的として、高速度撮影結果について画像処理により検討した結果、液滴崩壊過程での重心位置移動距離と飛散速度を求めることでマイクロ爆発とパフイングの判別が可能であることを示すとともに、今後の課題を明らかにした。

参考文献

- 1) 例えば Watanabe H, Harada T, Hoshino K, Matsushita Y, Aoki H and Miura T, JCEJ 41, 1110-1118 (2008)
- 2) Mikami M. et. al, Proc. Comb. Inst. 27, 1993-1941 (1998)
- 3) 山崎博司, 今村宰, 古川茂樹, 他2名, J. Jpn. Inst. Energy, 93, 127-134 (2013)

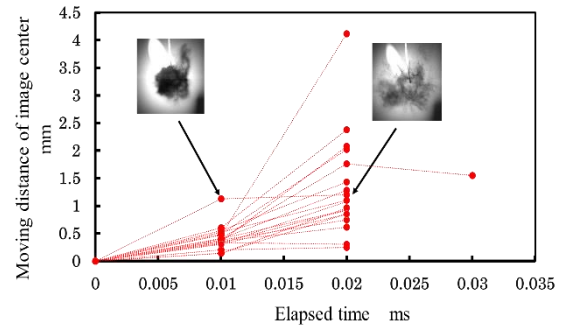


Fig.3 ミクロ爆発重心移動距離

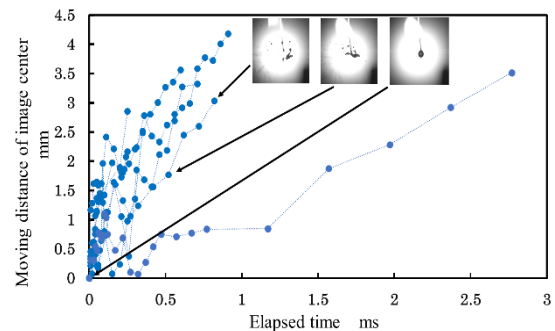


Fig.4 パフイング重心移動距離

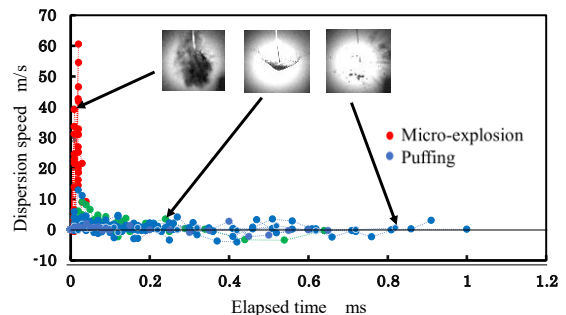


Fig.5 液滴飛散速度の経時変化

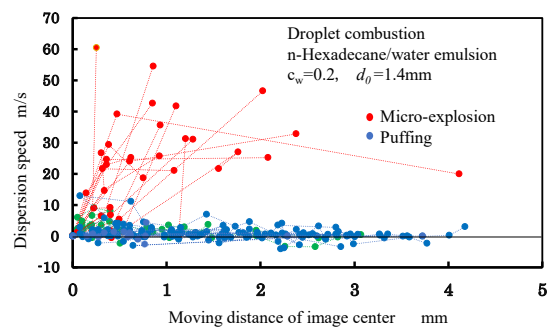


Fig.6 飛散速度と重心移動距離の関係