

Title	予混合噴霧火炎の構造と音響浮揚液滴群の燃焼機構の光学的計測
Author(s)	金, 承模
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/45881">https://hdl.handle.net/11094/45881</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	金 承 模
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19029 号
学位授与年月日	平成16年9月30日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械物理工学専攻
学位論文名	予混合噴霧火炎の構造と音響浮揚液滴群の燃焼機構の光学的計測
論文審査委員	(主査) 教授 香月 正司  (副査) 教授 辻 裕 教授 片岡 勲 助教授 赤松 史光

### 論文内容の要旨

本論文の前半部分では、噴霧火炎の詳細な燃焼機構を観察し、噴霧燃焼に関する知見を深めることを目的として、予混合噴霧バーナを用いて種々の光学計測を行っている。しかし予混合噴霧バーナにおいては、油滴群の形成は時・空間的にランダムであるため、火炎構造の観察も広い領域が対象となり巨視的なものとならざるをえない。したがって、油滴群の微細構造にまで立ち入る議論には限界がある。

そこで、本論文の後半部分では、噴霧火炎中における液滴群の燃焼機構を詳細に解明することを目的として、超音波を利用した浮揚装置を用い、本来ランダムに形成される液滴群を、空間中のほぼ同じ位置に形成させる工夫を施したうえで、その燃焼機構を、種々の光学的計測法を組み合わせた同時時系列計測を用いて観察し、詳細な燃焼機構を明らかにしている。

本論文は全7章で構成されている。

第1章は緒論であり、噴霧燃焼に関する従来の研究、特に本研究に用いた予混合噴霧バーナによって過去に得られた知見について概説し、本研究の目的と位置付けを明確にしている。

第2章では、 $Ar^+$  レーザのシート光と高解像度 CCD カメラを用いて噴霧断面像の拡大撮影を行い火炎構造の微視的観察を行っている。また、得られた噴霧断面画像に対して微小時間差を持つ2連続噴霧断面画像を計測し、相互相関 PIV を適用することにより瞬時二次元流れ場を求め、予混合噴霧火炎中における燃焼挙動と流れ場の関係を明らかにしている。

第3章では、噴霧断面像の拡大撮影に加えて、カセグレン光学系を応用した高空間分解能を有する受光光学系 (MICRO) を用いて火炎中の局所領域からの火炎発光およびミー散乱光の同時測定を行い、予混合噴霧火炎の噴霧境界に垂直方向の一次元的構造を明らかにしている。さらに、火炎挙動を定量的に評価するために、導き出された予混合噴霧火炎の1次元的構造と瞬時2次元流れ場から、局所燃焼速度を導出している。

第4章では、燃焼反応と噴霧の共存領域の存在を明らかにし、その構造を解明するために噴霧断面像をさらに拡大撮影して詳細に観察している。また、パイプリズムを用いて、噴霧断面像と同時刻・同領域の火炎発光像を同時撮影している。これらの結果から、燃焼反応と噴霧の共存領域の構造と火炎発光の空間的位置関係について考察を加えている。また、噴霧断面画像より求められる局所の噴霧特性と噴霧境界の移動速度を関係づけることによって、局所の噴霧特性が火炎伝ばに与える影響について明らかにしている。

第5章では、液滴群の発生から消滅までの全変化過程を観察することが可能な超音波浮揚装置を用いた実験を行い、まず超音波が燃焼場へ与える影響を明らかにし、さらにその影響を排除する実験方法を提案している。また、液滴群の噴霧火炎の構造を解明するために、レーザ誘起前期解離蛍光判定を用いたOHラジカル蛍光画像と液滴ミー散乱光画像の同時計測を用い、燃焼反応領域と噴霧領域の位置関係を調べ、液滴群の群燃焼形態を明らかにしている。

第6章では、レーザシート法を用いて液滴群の断面像を高速時系列撮影することによって液滴群内部の個々の液滴を可視化するとともに、得られたミー散乱光像に対して画像処理を行い、液滴位置と粒径を算出し、液滴群の群燃焼数の実測に成功している。この群燃焼数と、火炎自発光像の撮影結果と、火炎の局所領域からの自発光データを照らし合わせることで、群燃焼数に基づく油滴群燃焼機構の分類を行っている。

第7章では、本研究で得られた知見を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

予混合噴霧火炎の燃焼機構を解明するために、噴霧断面像の拡大撮影に加えて火炎中の局所領域からの火炎発光およびミー散乱光の同時計測を行っている。さらにPIV結果と合わせて火炎挙動を定量的に評価することを試み、得られた知見を要約すると以下ようになる。

- (1) 相互相関PIVによって燃焼時の瞬時2次元流れ場を求めた結果、噴霧流の消失が流れ場の大規模の渦運動ではなく、火炎伝ばによるものであると考えられる。
- (2) 噴霧流のえぐれが大きい場合は、噴霧流内部に強い燃焼反応領域が存在している。これは、予蒸発した燃料蒸気と周囲空気との予混合気による予混合的な燃焼が強く起こっているためだと考えられる。このような燃焼形態をとるのは、火炎が未燃側の噴霧流中の火炎伝ばにとって都合の良い方向に選択的に伝ばした結果であると考えられる。
- (3) えぐれが小さい場合は、噴霧流外縁部における燃焼反応が支配的であることになる。これは、未燃側の燃焼反応面近傍では燃焼に好条件の予混合気はあまり存在していないために、この燃焼反応面を越える油滴が多数存在し、これらの油滴の燃焼が噴霧流の外縁部で強く起こっているためであると考えられる。

また、超音波を利用した浮揚装置によって液滴群を空間中のほぼ同じ位置に形成し電気火花による点火を行ない、その液滴群の燃焼挙動を種々の光学的計測により液滴群の群燃焼形態の時系列変化を詳細に観察している。その際、レーザシート法を用いて液滴群の断面像を高速時系列撮影することによって、液滴群内部の個々の液滴を可視化するとともに、得られたミー散乱光像に対して画像処理を行い、液滴位置と粒径を算出し、液滴群の修正群燃焼数を時系列で見積もり、火炎自発光像の撮影結果とMICROから得られる火炎中からの局所領域からの火炎自発光データと照らし合わせることで、液滴群燃焼機構について考察を加えた結果、得られた知見を要約すると以下ようになる。

- (4) 本実験では、大きく分けて3通りの液滴群燃焼のパターンが見られている。すなわち、液滴群内部の液滴数密度が最初から単調に減少する場合 (Pattern A)、一度減少が止まり、その後再び減少する場合 (Pattern B)、点火直後ほぼ一定で、その後、単調に減少する場合 (Pattern C) である。
- (5) 火花点火を行なった時点の着目している液滴群内の液滴数密度によって最初の液滴群の燃焼形態が決められる。
- (6) Pattern Aは、燃焼の初期から単滴燃焼の群燃焼形態が現れている。Pattern Bは、燃焼初期には内部群燃焼の群燃焼形態が現れ、時間経過とともに、単滴燃焼の群燃焼形態に移行している。Pattern Cは、燃焼初期には外部群燃焼が現れ、時間経過とともに、酸素供給がよくなり外部群燃焼から内部群燃焼、内部群燃焼から単滴燃焼に変化している。
- (7) 群火炎が崩れて酸素が供給される期間 (液滴群の群燃焼形態が変わるところ) では液滴数密度と群燃焼数の変化はあまりない。

以上のように、本論文の前半では、予混合噴霧火炎の燃焼機構を解明している。また、本論文の後半では、液滴群の詳細な燃焼挙動を明らかにしている。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。