

Title	液体燃料噴霧の燃焼特性と火炎構造に関する研究
Author(s)	中部, 主敬
Citation	
Issue Date	
oaire:version	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3085245
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名・(本籍)	なか 中	べ 部	かず 主	よし 敬
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	9 4 7 2	号	
学位授与の日付	平成 3 年 2 月 1 日			
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当			
学位論文題目	液体燃料噴霧の燃焼特性と火炎構造に関する研究			
論文審査委員	(主査) 教授	水谷 幸夫		
	教授	三宅 裕	教授	高城 敏美
			教授	辻 裕

論文内容の要旨

本論文は、エネルギー発生源あるいは動力源として工業的に幅広く利用されている噴霧燃焼の特徴を明らかにすべく、予混合噴霧火炎および気液混焼火炎の燃焼特性、火炎伝ば現象、火炎構造および着火現象を詳細に研究したもので、火炎中での燃焼反応領域と燃料油滴の存在領域を同時に可視化できる測定方法を開発し、噴霧の燃焼特性や着火現象を詳細に調べるとともに、従来概念的に提唱されていたに過ぎなかった油滴集合燃焼モデルを実験的に検証している。

本論文の内容は、次のように要約できる。

第 1 章は緒論で、論文の背景ならびに関連する従来の研究について概説し、論文の目的、意義および構成を述べている。

第 2 章では、光干渉フィルター、イメージインテンシファイア、CCDカメラ、画像処理装置およびパソコンを組合わせて、OH/CH/C₂ラジカル発光バンドの火炎発光や油滴によるミー散乱光などを可視化する新しい画像処理技術の開発に成功している。

第 3 章では、前章で開発した画像処理技術を適用して、従来から測定データが乏しく、その精度にも疑問の多かった燃焼速度の計測方法に改良を加えている。すなわち、OHラジカルの発光強度分布から火炎代表表面を決定するという新しい噴霧燃焼速度の測定方法を考案し、燃焼速度データの信頼性と精度を向上させるとともに、気液混焼の効果も明らかにしている。

第 4 章では、噴霧油滴の存在領域、燃焼反応領域および輝炎領域を可視化し、本質的に不均一性を備えた噴霧火炎の巨視的な構造を明らかにしている。さらに、気液混焼火炎の燃焼特性を調べて、ガス専焼火炎や噴霧専焼火炎との差異や類似性を明確にしている。

第5章では、噴霧火炎および気液混焼火炎の微細構造をさらに詳細に解明すべく、火炎前縁付近において、OH、CHおよびC₂ラジカル発光バンドの火炎発光、油滴からのミー散乱光ならびに飛行速度を同時計測し、統計解析とスペクトル解析を施すことによって、油滴塊の内部や周辺での燃焼状況の明確化に成功し、噴霧油滴が階層的な塊状構造をとって集合燃焼していることを確かめている。

第6章では、従来から測定データにばらつきが目立った燃料噴霧の着火現象を解明する目的で、反射衝撃波によって予混合噴霧を急速圧縮点火する実験を行っている。その際、従来から用いられてきた衝撃波管による実験方法の欠点を克服して測定精度を向上させ、不純因子を含まない噴霧の着火遅れ時間および着火過程の観測に成功している。また、得られた結果を他の研究者による気体および液体燃料の着火遅れデータと対比しながら、総合的に考察を加え、噴霧の着火現象に及ぼす乱れの影響を明らかにしている。

第7章では、本論文で得られた結果を総括している。

論文審査の結果の要旨

噴霧燃焼はその複雑な火炎構造と燃焼過程が窒素酸化物等の有害物質の生成過程や燃焼機器の性能と密接に結び付いているにもかかわらず、観察とモデル化の困難さのゆえに遅々として研究が進まず、試行錯誤的な設計・開発を余儀なくされている分野である。最近、油滴集合燃焼という新しい概念が提唱され、注目を浴びているが、実用的な燃焼の場での検証例がなく、大気汚染対策や燃焼機器の改良にどのように応用すべきか、世界中で模索されている状況である。本研究は、この難問に正面から取り組み、世界に先駆けてある程度の成功を収めたもので、主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) レーザードップラー流速計、発光検査体積制限プローブ、光干渉フィルターを信号処理装置と組み合わせることによって噴霧火炎信号処理システムを、またイメージインテンシファイア、光干渉フィルター、平面状レーザービームを画像処理装置と組み合わせることによって噴霧火炎可視化診断システムを作り上げ、全体として世界にも例のない総合噴霧火炎計測システムを完成させている。
- (2) 噴霧火炎可視化診断システムの機能の一部を利用することにより、従来から測定データが乏しく、その精度にも疑問の多かった燃焼速度の計測方法に改良を加えている。すなわちOHラジカルの発光強度分布から火炎代表面を決定するという新しい噴霧燃焼速度の測定方法を考案し、燃焼速度データの信頼性と精度を向上させるとともに、気液混焼の効果も明らかにしている。
- (3) 噴霧火炎可視化診断システムを用いて噴霧油滴の存在領域、燃焼反応領域および輝炎領域を可視化し、本質的に不均一性を備えた噴霧火炎の巨視的な構造を明らかにしている。さらに、気液混焼火炎の燃焼特性を調べて、ガス専焼火炎や噴霧専焼火炎との差異や類似性を明確にしている。
- (4) 噴霧火炎信号処理システムを用いて、火炎前縁付近のOH、CHおよびC₂ラジカル発光バンドの火炎発光、油滴からのミー散乱光ならびに飛行速度を同時計測し、統計解析とスペクトル解析を施すことによって、油滴塊の内部や周辺での燃焼状況の明確化に成功し、噴霧油滴が階層的な塊状構造をとって集合燃焼していることを確かめている。

(5) 従来から測定データにばらつきの目立った燃料噴霧の着火現象を解明する目的で、反射衝撃波によって予混合噴霧を急速圧縮点火する実験を行っている。その際、従来から用いられてきた衝撃波管による実験方法の欠点を克服して測定精度を向上させ、不純因子を含まない噴霧の着火遅れ時間および着火過程の観測に成功している。また、得られた結果を他の研究者による気体および液体燃料の着火遅れデータと対比しながら、総合的に考察を加え、噴霧の着火現象に及ぼす乱れの影響を明らかにしている。

以上のように、本論文は噴霧火炎の計測・診断技術に大きな進歩をもたらすとともに、測定者や測定装置に依存しない噴霧の燃焼速度と着火遅れデータ取得の可能性、さらには噴霧火炎の構造に関する仮説の不完全さと改良の方向を示唆するなど、多くの有用な知見を与えており、燃焼工学と燃焼技術の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。