The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	よどみ流中に形成された噴霧火炎の微細構造に関する研究
Author(s)	斎藤, 寛泰
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44295
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【38】

氏　　名	斎藤寛泰（さいとう ひろやす）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　17825　号
学位授与年月日	平成15年3月25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	**よどみ流中に形成された噴霧火炎の微細構造に関する研究**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　香月　正司 （副査） 教　授　高城　敏美　　教　授　片岡　　勲

論　文　内　容　の　要　旨

液体燃料を微粒化し霧状にした状態で燃焼器へ供給する噴霧燃焼は、工業的に重要な液体燃料の燃焼方法であり、エンジン、ボイラ、ガスタービン、加熱炉など各種燃焼機器に広く用いられている。それにも関わらず、噴霧燃焼現象に対する理解は十分とは言えず、燃焼制御や噴霧燃焼器の設計は経験に基づいて行われることが多いのも事実である。昨今のような燃焼排出物に対する規制を満足し、かつ高効率な燃焼を実現するためには、燃料噴霧の燃焼機構に関する詳細な知見が必要である。このような背景から、本論文では、概して複雑な噴霧火炎構造を比較的容易に観察できる噴霧バーナシステムを構築し、種々の光学的計測法を駆使して火炎の微細構造に迫った。

以下に、本論文の内容を章別に要約する。

第1章では、噴霧燃焼研究の過去と現在を研究分野別にまとめ、さらに、本研究の意義と目的について述べた。

第2章では、噴霧火炎構造の観察を容易にするために、曲率をもつよどみ板を利用した噴霧火炎バーナシステム、および光学的計測システムの構築を行った。

第3章では、まず、位相ドップラ法による油滴粒径および速度計測を行って、火炎領域の前後における噴霧特性の変化を調べた。次に、カセグレン光学系を応用した局所火炎自発光計測とレーザシート法による噴霧断面の高速度撮影を同時時系列で行い、火炎と燃料噴霧の両方の挙動を記録した。得られた時系列データを解析し、岐点よどみ流線上における一次元的な火炎構造を調べた。さらに、気相中の酸素濃度を21%から数%ずつ減少させて同様の火炎構造解析を行い、酸素濃度が噴霧燃焼挙動に及ぼす影響を検討した。その結果、気相酸素濃度により噴霧の蒸発および形成される火炎の構造・挙動はまったく異なったものになった。さらに、これらの結果とバーナ火炎で得られた結果の比較を行い、噴霧火炎構造の一般性を確認した。

第4章では、火炎領域に進入する個々の油滴の蒸発挙動を調べた。レーザシート法により拡大高速度撮影された時系列油滴画像から、個々の油滴粒径の抽出とそのラグランジュ的な履歴追跡を試みた。粒径評価はミー散乱法を用いて行い、位相ドップラ法による噴霧特性の計測結果との比較により本粒径計測手法の精度の検証を行った。その結果、火炎前縁付近における燃料噴霧の燃焼機構が明らかになった。また、個々の油滴粒径の変化は、いわゆる d^2 則に基づいていることを実際に確認した。

第5章では、高速分光器による火炎自発光スペクトル計測を行った。その際、位置や形状が変動する火炎中における自発光スペクトルの測定点を、普遍的な噴霧火炎構造に関係付けるため、噴霧断面の高速度時系列撮影も同時に行

った。これらの時系列データから、輝炎やバックグランドノイズ成分を除去したラジカル自発光強度の岐点流線上分布を求め、燃焼反応領域の構造を検討した。

第6章は、本論文で得られた結論をまとめた。

論文審査の結果の要旨

噴霧燃焼器内における燃焼機構は、流れ場の複雑さ、計測機器の噴霧火炎内へのアクセスの困難さなどの理由から十分に解明されているとは言いがたく、いっそうの基礎研究が望まれる。特に、噴霧火炎は本質的に時空間的な不均一構造を有しているため、時間平均的な観察のみでは充分な現象解明にはつながらず、瞬時かつ時系列での現象把握が不可欠である。

本論文では、噴霧火炎中における燃料噴霧の基本的燃焼構造を明らかにすることを念頭におき、層流よどみ流中に形成した予混合噴霧火炎を対象として、噴霧断面画像と火炎中の局所火炎自発光の同時時系列計測を実施している。また、火炎中の燃料油滴の微視的な観察から、燃焼反応領域中における個々の油滴の蒸発挙動にまで言及している。本論文の主な成果は次のとおりである。

(1) バーナ火炎中に見られる典型的な噴霧火炎構造が、本論文で用いられているよどみ流中噴霧火炎バーナで再現できると考えられ、火炎構造の詳細な計測を可能にしている。

(2) 燃料噴霧断面像と火炎中の局所領域からの火炎自発光の同時時系列計測を行い、岐点よどみ流線上における一次元的な噴霧火炎構造を明らかにしている。

(3) 噴霧火炎構造解明のための燃焼実験では、噴霧特性に関する実験パラメータを独立に変化させることが難しいが、流体力学的条件を一定に保ちつつ噴霧流中の気相酸素濃度のみを変化させた際の火炎挙動・構造の観察を行い、バーナ火炎に見られる燃焼挙動との比較からその類似性を示し、気相中酸素濃度が燃料噴霧の燃焼機構に関与する重要な因子であることを指摘している。

(4) 火炎領域近傍における燃料噴霧の挙動を解明する目的で、可視化された噴霧断面内における個々の油滴粒径をミー散乱理論に基づいて算出し、同時に油滴のラグランジュ的な追跡から油滴粒径の時間履歴を求めている。また、d^2 則の適用により実際の火炎中における油滴の蒸発速度を算出している。

(5) 火炎局所領域における自発光スペクトルの時系列計測と噴霧断面の高速度時系列撮影を同時に行うことにより、観測点位置を普遍的な火炎構造に関係付けた上で自発光スペクトルの評価を行い、輝炎やバックグランドノイズ成分を除去した OH* や CH* ラジカル自発光強度の岐点流線上分布を求めて、燃焼反応領域構造を明らかにしている。

以上のように本論文は、燃料噴霧の基礎的燃焼機構の観察が可能な噴霧バーナシステムを構築し、新たに考案した計測法やデータ解析法を適用することにより、液体燃料噴霧の燃焼機構に関する多くの実験的知見を得ている。これらの成果は、燃焼工学、とりわけ燃料噴霧の燃焼機構と火炎構造の解明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。