

Title	噴霧燃焼における噴霧特性と着火・燃焼挙動に関する研究
Author(s)	林, 潤
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49506
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"〉 大阪大学の博士論文について <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	はやし 林 潤
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 2 2 9 3 1 号
学位授与年月日	平成 21 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科機械工学専攻
学位論文名	噴霧燃焼における噴霧特性と着火・燃焼挙動に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 赤松 史光 (副査) 教授 片岡 勲 教授 武石賢一郎 准教授 小富山正治 特任准教授 吉田 憲司

論文内容の要旨

本研究では、油滴の粒径分布を他の噴霧特性から独立して操作することが可能な液体燃料の噴射弁を開発し、着火過程および噴霧火炎中のすす生成特性に対して高時間・高空間分解能を持つ非接触計測法を適用することで、噴霧特性が噴霧燃焼の着火および燃焼挙動に与える影響を解明することを目的とした。また、化石燃料の枯渇に起因して今後ますます重要となるバイオ液体燃料の基礎燃焼特性を解明するために、バイオ液体燃料噴霧火炎中のすす生成特性に対する研究を合わせて行った。

以下に、各章の内容を要約する。

第1章は序論であり、噴霧燃焼とすす計測手法に関する従来の研究結果と現状を研究テーマ別にまとめ、現時点での問題点を明確にした。さらに、本研究の位置づけと目的を述べた。

第2章では、従来の噴射弁では困難であった油滴の粒径分布を他の噴霧特性から独立して操作するための微粒化機構および本研究で用いた振動オリフィス式噴射弁の構造とその特徴を示した。

第3章では、噴霧特性が噴霧火炎中におけるすす生成特性に与える影響を解明するために、本研究で噴霧燃焼場に適用した高時間・高空間分解能を持つ非接触計測法の原理について概説した。

第4章では、噴霧特性の着火過程に与える影響を詳細に観察することが可能な希薄な燃料噴霧条件において、着火の確率および噴霧火炎構造に対する考察を行い、従来燃焼反応を代表できる指標とされているザウタ平均油滴径が等しい条件においても、油滴の粒径分布の幅が広くなることにより、噴霧火炎が輝炎を伴う群火炎から孤立的な火炎へと遷移し、着火率が減少傾向を示すこと明らかにした。

第5章では、振動オリフィス式噴射弁を用いて噴霧の平均油滴径を操作し、層流対向流場に噴霧火炎を定在化させることで噴霧燃焼過程の詳細な観察を行い、燃料噴霧の平均油滴径の増加にしたがって、高温場へ突入した燃料噴霧の燃焼状態が予混合的な燃焼状態から拡散的な燃焼状態へと遷移することを明らかにした。また、噴霧火炎中に部分的にすす生成が抑制される特徴的なすす生成領域が生じ、すす生成領域外周部においてすす粒子径が増大することを明らかにした。また、未燃の燃料噴霧とすす生成過程の同時計測手法を構築することで、未燃の燃料噴霧の存在が部分的なすす生成の抑制の要因となることを明らかにした。

第6章では、第5章での層流対向流場形成された噴霧火炎を対象として直接数値計算を行い、噴霧火炎中のすす生成領域における部分的なすす生成の抑制が、未燃の噴霧油滴の温度上昇および油滴の蒸発による冷却効果に起因することを明らかにした。また、すす生成領域外周部におけるすす粒子径の増大は、核生成、表面成長、凝集、

酸化のすす生成に関わる四つの過程のうち、主に表面成長過程に起因することを明らかにした。

第7章では、新燃料として期待されるバイオ液体燃料の基礎燃焼特性のうち、特にすす生成特性の解明を目的とした。対向流噴霧燃焼場において、バイオ液体燃料であるパームメチルエステルおよび既存の純物質燃料であるn-ドデカンの燃料噴霧の油滴の粒径分布の変化および生成されるすすの体積分率の空間分布、すす粒子の粒径分布の比較を行い、パームメチルエステル燃料噴霧における瞬間的なすす生成特性が直鎖の純物質燃料と同様の傾向を持つことを明らかにした。

第8章では、本研究で得られた結論を総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文では、これまで他の噴霧特性から独立して操作することが困難であった燃料噴霧の粒径分布を操作可能な振動オリフィス式噴射弁を開発し、液体燃料噴霧の着火過程および燃焼特性に関して、実験および数値計算により詳細な解析を行っている。また、化石燃料の枯渇に起因して今後ますます重要となるバイオ液体燃料の基礎燃焼特性を解明するために、噴霧火炎中のすす生成特性に対する研究を行っている。その主な成果は、下記のとおりである。

(1) 噴射弁に取り付けられたピエゾ振動子に正弦波の電気信号を印加して液柱の分裂状態を操作することにより、噴射弁から供給噴霧量など他の噴霧特性を変化させることなく液滴径が均一な噴霧（単分散噴霧）を形成することが可能な振動オリフィス式噴射弁を開発している。また、同噴射弁に印加する正弦波の電気信号の周波数を操作することによって、平均粒径の操作を実現している。また、印加する正弦波の電気信号の周波数を周期的に掃引することにより、噴霧の粒径分布の幅を操作することを可能としている。

(2) 前述の振動オリフィス式噴射弁を用いて、噴霧特性の着火過程に与える影響を詳細に観察することが可能な希薄な燃料噴霧条件において着火の確率および噴霧火炎構造に対する考察を行い、既往の研究において噴霧燃焼特性を代表できる指標とされているザウタ平均油滴径が等しい条件においても、油滴の粒径分布の幅が広くなることにより噴霧燃焼形態が輝炎を伴う群火炎から孤立的な火炎へと遷移して着火の確率が減少することを明らかにし、燃料噴霧の着火性の判断には燃料噴霧の平均油滴径のみではなく、粒径分布の幅を考慮に入れる必要があること示している。

(3) 前述の振動オリフィス式噴射弁を用いて層流対向流場に噴霧火炎を定在化させることで噴霧火炎の詳細な観察を可能とし、供給する燃料噴霧の平均油滴径の増加にしたがい、高温領域における噴霧燃焼形態が予混合的な火炎から拡散的な火炎へと遷移すること、すす生成領域外周部においてすす粒子径が増大することを示している。また、未燃の燃料噴霧とすす生成過程の同時計測手法を構築することにより、未燃の燃料噴霧の存在が部分的なすす生成の抑制の要因であることを明らかにしている。

(4) 層流対向流場において行った実験によって得られた結果を詳細に考察する目的から、実験と同様の層流対向流場において直接数値計算を行い、噴霧火炎中のすす生成領域における部分的なすす生成の抑制が、未燃の噴霧油滴の蒸発による冷却効果であることを確認している。また、すす生成領域外周部におけるすす粒子径の増大は、表面成長過程による寄与が大きいことを明らかにしている。

(5) 新燃料として期待されるバイオ液体燃料の基礎燃焼特性のうち特にすす生成特性の解明を目的とし、対向流噴霧燃焼場でのパームメチルエステルおよび既存の純物質燃料であるn-ドデカンの燃料噴霧の粒径分布の変化および生成されるすすの体積分率の空間分布、粒子の粒径分布を計測し、パームメチルエステル燃料噴霧における瞬間的なすす生成特性が直鎖炭化水素の純物質燃料と同様の傾向を持つことを明らかにしている。

以上のように、本論文では、噴霧燃焼過程に大きな影響を与えることを指摘されながら、その操作の困難さから研究結果が不足していた燃料噴霧特性が着火および燃焼挙動に与える影響に対してその詳細を明らかにしており、噴霧燃焼の現象解明に重要な知見を与えている。また、他の噴霧特性から独立して粒径分布のみを操作して着火の確率およびすす生成特性に与える影響に関する詳細な研究成果を初めて提示しており、燃焼工学の進展ならびに実用燃焼機器の設計・開発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のあるものと認める。