

Title	噴霧火炎の構造およびエネルギー損失特性に関する研究
Author(s)	福井, 淳一
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/58341">https://hdl.handle.net/11094/58341</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

【82】

氏 名	福 井 淳 一
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 4 5 6 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 23 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械工学専攻
学 位 論 文 名	噴霧火災の構造およびエネルギー損失特性に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 赤松 史光 (副査) 教 授 武石賢一郎 教 授 片岡 勲 准教授 小宮山正治

## 論文内容の要旨

噴霧燃焼を用いる実用燃焼器を対象とした数値解析を高精度化するためには、噴霧火炎に関する基礎的な知見の蓄積が不可欠である。噴霧火炎に関する基礎的研究では、実際の噴霧火炎の一部を抽象化した火炎を観察できる場として層流対向流場が用いられており、これまでに多くの理論解析・数値解析が行われてきた。これまでの対向流場における噴霧火炎の理論解析や数値解析では、1次元・2次元場のみが対象とされてきた。しかしながら、噴霧燃焼はランダムな位置や不均一な粒径分布をもつ多数の油滴が3次元的に分散し、蒸発・燃焼する現象であるため、本質的には3次元現象である。したがって、これまでの対向流場における噴霧火炎の数値解析では、噴霧燃焼の本質的な特性である3次元性が考慮されておらず、得られた知見の実現象への適用性は明らかになっていない。

そこで本研究では、対向流場において噴霧火炎の3次元非定常数値解析を行い、噴霧火炎に関する基礎的な知見を得ることを目的とした。また、噴霧火炎についての現象論のみでは、実用燃焼器の開発に必要な知見としては不十分であるため、噴霧燃焼場においてエントロピー生成解析を行い、有効エネルギーの観点からも評価を行った。エントロピーの生成に関する因子として、粘性散逸、熱伝導、物質拡散、化学反応を取り上げ、噴霧燃焼場における各因子によるエントロピー生成挙動を明らかにした。

以下に各章の内容を要約する。

第1章は緒論であり、気相燃焼および噴霧燃焼の数値解析の現状と展望、従来の噴霧燃焼の数値解析の研究成果と問題点について述べた。さらに、本研究の目的を示した。

第2章では、油滴の蒸発モデルの比較を行い、本研究で取り扱う噴霧燃焼場に適した油滴の蒸発モデルの評価と選定を行った。また、本研究で使用する数値解析法の詳細について示した。

第3章では、噴霧燃焼場における有効エネルギーに関する知見を得るため、2次元噴霧燃焼場におけるエントロピー生成解析を行い、エントロピー生成に対する支配的な過程を同定した。また、エントロピー生成速度に対する油滴群燃焼の影響について示した。

第4章では、対向流場において噴霧火炎の3次元数値解析を行い、火炎構造に対する噴霧の供給当量比や粒径分布の影響について考察した。また第3章において得られた基礎的な知見を基にして、3次元場においてエントロピー生成解析を行い、火炎構造とエントロピー生成速度について考察した。

第5章は結論であり、本研究で得られた結果を取りまとめた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、これまで1次元場・2次元場のみで取り扱われてきた層流対向流場における噴霧火炎に対して、3次元数値解析を行い、噴霧火炎構造に関して詳細な解析を行っている。また、噴霧火炎構造とエネルギー損失特性の関係を明らかにするために、噴霧燃焼場においてエントロピー生成解析を行っている。その主な成果は、下記の通りである。

- (1) 噴霧燃焼場における油滴の3次元的にランダムな分布が噴霧火炎に与える影響を考慮することが可能である3次元数値解析手法を、層流対向流場における噴霧火炎の数値解析に適用している。使用した数値解析法による現象の再現性を確認するために、数値計算の入口条件として実験と同様の燃料噴霧の粒径分布を用い、数値解析結果と実験結果における噴霧火炎の位置や大きさを比較した結果、両者が良く一致することを明らかにしている。
- (2) 噴霧火炎の2次元数値解析と3次元数値解析の特性の差異を明らかにするために、実験と同様の燃料噴霧の粒径分

布を初期値として、層流対向流場において噴霧火炎の2次元および3次元数値解析を行い、当量比の分布および輝炎領域の位置や大きさに関して、2次元解析よりも3次元解析の方が現象の再現性が高いことを明らかにしている。このことより、噴霧火炎を数値解析上で再現し、その特性を定量的に評価するためには、3次元での数値解析を行うことが必要であることを示している。

(3) 実験では実験装置の特性上実現が困難である、平面火炎を消失させた場合の噴霧火炎を前述の層流対向流場における噴霧火炎の3次元数値解析手法を用いて計算し、噴霧の供給当量比が小さい場合、平面火炎が消失すると高温領域の高さ方向の幅および気相温度の最大値が減少することを明らかにしている。また、噴霧の供給当量比が大きい場合、平面火炎が消失すると高温領域の高さ方向の幅は減少するが、気相温度の最大値はあまり変化しないことを明らかにしている。

(4) 噴霧燃焼場におけるエントロピー生成過程に関する基礎的な知見を得ることを目的として、2次元場において噴霧火炎のエントロピー生成解析を行い、噴霧火炎の燃焼形態の1つである単滴燃焼状態では、油滴間距離が短くなるにつれて燃焼反応が活性化し、化学反応に起因するエントロピー生成速度が増加することを明らかにしている。

(5) 前述の2次元場における噴霧火炎のエントロピー生成解析手法を用いて、噴霧燃焼の特徴的な現象である群燃焼が発現した際のエントロピー生成解析を行い、群燃焼状態においては化学反応に起因するエントロピー生成速度が減少し、その減少時の挙動は噴霧領域の中央と外周部における燃焼反応率の挙動により決定されることを示している。

(6) 噴霧火炎構造とエネルギー損失特性の関係を解明することを目的として、層流対向流場において噴霧火炎のエントロピー生成解析を行い、燃料噴霧の供給部に近い側の噴霧火炎面では、遠い側の噴霧火炎面よりも燃焼反応が活性化するために、エントロピー生成速度が大きくなることを明らかにしている。

以上のように、本論文では噴霧火炎の本質的な特性である3次元性を数値解析上で考慮可能とし、これまで知見が不足していた3次元場における噴霧火炎構造に対する燃料噴霧特性の影響を明らかにしており、噴霧燃焼の現象解明に対する重要な知見を与えている。また、噴霧火炎のエントロピー生成解析を行い、噴霧燃焼場におけるエネルギー損失特性を明らかにしており、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。