

氏 名	かわ な べ ひろし 川 那 辺 洋
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 1566 号
学位授与の日付	平 成 8 年 11 月 25 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 機 械 工 学 専 攻
学位論文題目	噴流火炎の構造ならびに乱れ生成・消滅機構に関する研究

論文調査委員 (主 査)
教 授 池 上 詢 教 授 赤 松 映 明 教 授 鈴 木 健 二 郎

論 文 内 容 の 要 旨

各種の燃焼機器や熱機関では噴流拡散火炎が基本形態であり、ガス流動によって引き起こされる強い乱流によって空気の混合が図られている。しかし、燃料濃度には大きな場所的・時間的変動があるうえに、反応による発熱のため温度も不均一であり、噴流拡散火炎内の乱れ生成と混合については不明の点が多い。本論文は、この現象の解明を目指して噴流拡散火炎のガス流動、乱れおよび燃料と空気の混合について理論的ならびに実験的に検討した一連の研究をとりまとめたもので、7章からなっている。

第1章は緒論であり、本論文の研究の背景、目的および取り上げる課題について述べている。

第2章では、噴流火炎が層流から乱流に遷移する条件について密度の変化を伴う場合の流れの変動に関する線形安定方程式を導き、これを数値計算によって解いて噴流境界が高温になる場合の流体力学的安定性を解析している。その結果、乱れは非燃焼時よりも高いレイノルズ数で、かつ変動スケールが小さいところから生じることを明らかにし、その理由を述べている。

第3章では、噴流火炎および非燃焼噴流の種々の断面を瞬間レーザーシート法によって可視化し、燃焼に伴う乱れ渦構造の差異について考察している。それによると、噴流火炎では乱れ渦により薄いシート状のすす粒子層が幾重にも巻き込まれていること、火炎の発熱のため乱流渦が粗大化し細かい消散渦が見られなくなることなどを示している。

第4章では、微小な時間間隔で撮影した2枚の瞬間画像からシード粒子濃度の相互相関を計算することによって、特定断面の速度分布を求める相互相関粒子画像流速測定法を開発するとともに、種々の要因に伴って生じる誤差を評価してその方法の精度を確認している。

第5章では、第4章で示した相互相関粒子画像流速測定法を非燃焼噴流に適用して各種乱れ特性量を求め、従来の結果と比較するとともに、噴流火炎についても調べている。その結果、噴流火炎では周囲空気とのせん断により生じる比較的大きな空気取り込み渦によって軸中心まで空気が侵入し、非正常流動によって生じる渦対が混合促進に寄与することを述べている。さらに、乱れ渦によって混合が促進されるに伴

い、局所的な温度上昇により動粘度が高くなり、混合層の燃料側で発生したすすが層状に巻き込まれたパターンを保ったまま下流に流されることを示している。

第6章では、噴流火炎の遷移点近傍の流れの可視化にもとづいて乱流の発生状況について検討している。その結果、噴流火炎では燃料流れがノズル近傍からせん状に変動し、それが拡大し遷移点では外側のすす層に及んで空気飲み込み渦に成長することを示している。さらに、火炎の中心軸からはずれた縦渦が存在するときには、圧力勾配と密度勾配の相互作用によって火炎面近傍に渦対が発生し、それにより火炎面が変形して発熱が増加して渦対の循環が強められることを理論的解析にもとづいて示している。

第7章は結論であり、前章までに得られた結果を要約し、結論を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、各種燃焼装置や熱機関などの燃焼基本形態である噴流拡散火炎のガス流動、乱れおよび燃料と空気の混合に関する一連の基礎的研究の成果をとりまとめたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 噴流火炎が層流から乱流への遷移について、密度変化を伴う噴流における流れの変動に関する線形安定方程式を導き、噴流境界が高温になる場合の流体力学的安定性を解析した結果、遷移レイノルズ数が非燃焼時よりも高いことを明らかにしている。
2. レーザーシート法を用いて噴流火炎および非燃焼噴流の種々の断面を可視化し、それにもとづき噴流火炎では乱流渦が粗大化し細かい消散渦が見られなくなることを示している。
3. 適当な時間間隔で撮影した瞬間画像からシート粒子濃度の相互相関を計算することによって特定断面の速度分布を求める相互相関粒子画像流速測定法を開発するとともに、その精度を確認している。
4. 相互相関粒子画像流速測定法を使って噴流火炎内の流れおよび乱れを測定し、流動状態と温度上昇に伴う層流化の作用について考察している。また、噴流火炎の遷移点近傍の流れの可視化にもとづいて乱流の発生状況を検討し、噴流火炎芯部の流れの変動によって乱れが創始されることを示している。
5. 理論的解析にもとづいて、噴流火炎の中心部に縦渦が存在すると圧力勾配と密度勾配の相互作用によって火炎面近傍に渦対が発生し、この渦対によって火炎面が変形して発熱が増加し、それによってさらに渦対の循環が強められることを示している。

以上要するに、本論文は噴流拡散火炎の火炎構造と乱れの生成について実験的ならびに理論的に検討し、多くの知見を得たもので、得られた成果は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は博士(工学)の学位として価値あるものと認める。なお、平成8年9月2日に論文内容とそれに関連する事項について試問を行った結果、合格と認めた。